



KODAK GRAY SCALE



KODAK COLOR CONTROL PATCHES



These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.

1.
2.
K.

DIE NEUE
TUNNEL-BAUMETHODE
IN EISEN

ANGEWENDET BEI DEN TUNNELBAUTEN ZU NAENSEN UND IPPENSEN
AUF DER HERZOGL. BRAUNSCHW. HOLZMINDENER EISENBAHN.

EIN VORLÄUFER
DES LEHRBUCHS DER GESAMMTEN TUNNEL-BAUKUNST

VON

FRANZ RZIHA.

Bibliothek.
Collegium Carolinum.

MIT 33 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BERLIN
VERLAG VON ERNST & KORN

(DRUCKER SIEHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)

1864.

UB Braunschweig

84



2244-020-8

FRANZ RŽIHA,

TUNNEL-BAUMETHODE IN EISEN.

DIE NEUE

2244-0208

TUNNEL-BAUMETHODE IN EISEN

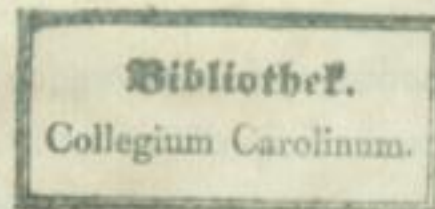
ANGEWENDET BEI DEN TUNNELBAUTEN ZU NAENSEN UND IPPENSEN
AUF DER HERZOGL. BRAUNSCHW. HOLZMINDENER EISENBAHN.

EIN VORLÄUFER

DES LEHRBUCHS DER GESAMMTEN TUNNEL-BAUKUNST

VON

FRANZ RZIHA.



MIT 33 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BERLIN

VERLAG VON ERNST & KORN

(GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.)

1864.

V o r r e d e.

Ermunternde Anregungen, namentlich aber günstige Beurtheilungen früher gedruckter einzelner Aufsätze* veranlassten mich, den von mir gesammelten Notizen über Tunnelbauten meine Erfahrungen hinzuzufügen und so ein umfassendes Werk über diesen Gegenstand für die Veröffentlichung vorzubereiten.

Berufsgeschäfte verzögerten indess die Vollendung desselben umsomehr als sich bei tieferem Eindringen in die Aufgabe ein Eingehen in zahlreiche Details, auf diesem fast noch unbetretenen Literaturgebiete, als eine unabweisliche Nothwendigkeit herausstellte.

Als nun vor etwa zwei Jahren das Manuscript dem damaligen Standpunkt der Wissenschaft entsprechend — also vorzugsweise die vorhandenen Holzbausysteme umfassend — vorlag, entstand eine neue Tunnelbaumethode, welche sich die Anwendung des Eisens zur Aufgabe stellt.

-
- * 1) Studien über Tunnelbau. (Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.) —
2) Der Sohlenauftrieb im Čžernitzer Tunnel. (Ebendasselbst.)
3) Die Bruchgewältigung im Rahrbacher Tunnel. (Ebendasselbst.)
4) Die Tunnelbausprache. (Ebendasselbst.)
5) Londons erste unterirdische Eisenbahn. (Ebendasselbst.)
6) Die Getriebezimmerung. (Zeitschrift f. Bauwesen, redig. v. Erbkam.)
7) Uebersicht der Tunnelbaukunst. (Zeitung des Kölner Gewerbe-Vereins.)
8) Beiträge zum Tunnelbau. (Zeitschrift d. hannöv. Arch. u. Ingenieur-Vereins.)

Selbstverständlich konnte diese neue Methode in einem »Lehrbuch der Tunnelbaukunst« nur hinter den bereits bestehenden Systemen, als aus diesen entwickelt, Platz finden. Bei der hierdurch nothwendig gewordenen Ausdehnung des Werks wäre dessen Veröffentlichung noch weiter hinausgeschoben, als ich selbst wünschen durfte. Dankbar muss ich es daher anerkennen, dass die Herren Verleger auf meinen Vorschlag bereitwilligst eingegangen sind: eine Ausgabe des »Vorläufers meines Lehrbuchs« vorweg zu veranstalten, welcher die neue Methode, wie unten weiter ausgeführt, besonders behandelt.

Der Zweck dieses hier vorliegenden »Vorläufers« ist: dem technischen Leserkreise diese neue Methode in zwar allgemeinen, aber doch die eigne Prüfung gestattenden Zügen vorzuführen. Um aber die Nothwendigkeit derselben zu begründen, musste eine kurze Entwicklung des bisherigen Tunnelbaues vorhergehen, und ist somit das Werkchen als eine übersichtliche Darstellung aller Tunnelbaumethoden zu betrachten, welche schliesslich zu dem Schwerpunkte: der Anwendung des Eisens, gelangt.

Das unter der Presse befindliche »Lehrbuch« hingegen wird, nachdem es die älteren Methoden einer eingehenden Erörterung unterworfen, das neue (Eisen-) System vollständig so vorzuführen versuchen, wie es sich aus den bisherigen Systemen entwickelt hat; und, indem es alle bisjetzt bei der practischen Ausführung der alten Methoden erzielten Resultate in's Auge fasst, gelangt es, unter Aufführung aller Vergleichpunkte, welche die verschiedenen Systeme zulassen, zuletzt zu dem Ergebniss, dass das Eisen als das Material der Zukunft für den Tunnelbau zu betrachten sei.

Jeder Fachmann wird zugeben, dass bisher bei den Tunnelbauten eine sehr beträchtliche Holzvergeudung hat stattfinden müssen. Bei den voraussichtlich in bedeutendem Maasse sich von Jahr zu Jahr mehrenden derartigen Bauten, wird das Material, je seltner es wird, desto kostbarer zu beschaffen sein.

Schon deshalb lag es nahe, auch hier ein Material in Anwendung zu bringen, welches bei anderen Bau-Constructions längst die glänzendste Anerkennung gefunden hat. Der Vortheil des Eisens tritt aber hier um so bedeutender hervor, weil es, ausser dem Vorzuge der beziehungsweise grösseren Billigkeit und leichteren Beschaffung, durch die neue Methode, namentlich

bei grösseren Gebirgsbauten, sich als »permanentes« (zur Wiederverwendung brauchbares) Material darstellt, während schon der blosse Transport des Holzes, abgesehen von dem quantitativ viel bedeutenderem Verbräuche besonders bei den letzterwähnten Bauten, grosse, mit dem Vorschreiten derselben stets zunehmende Schwierigkeiten bereitet.

Wenn ich daher nach den bisher mit den günstigsten Erfolgen gekrönten Erfahrungen, diese neue Methode aus vollster Ueberzeugung jedem Fachmanne empfehlen darf, verhehle ich mir die mannigfachen Schwierigkeiten, welche sich in der ersten Zeit der ausschliesslichen, practischen Anwendung des Eisens entgegenstellen werden, um so weniger, als es wohl fest steht, dass auf keinem Gebiete der Ingenieurwissenschaft durch die Macht der Gewohnheit und das Festhalten am Alten — die Scheu vor Neuerungen grösser ist, als beim Tunnelbau.

Nichtsdestoweniger spreche ich es schon jetzt mit Zuversicht aus, dass das Eisen zukünftig das Hauptsächliche, wenn nicht ausschliessliche Material des Tunnelbaues sein und das neu aufgestellte Princip bei den gewöhnlichen bergmännischen auszumauernden Stollenbauten ebenfalls zur Anwendung kommen wird, so dass der von mir zuerst betretene Weg nach und nach allgemein wird eingeschlagen werden. —

Ein »Glück auf« für diesen Weg!

Greene, den 29. August 1863.

Rziha.

Inhalt.

	Seite
I. Die gebräuchlichen Tunnel-Holzbausysteme	1
II. Bedürfniss des Fortschrittes im Tunnel-Baufache	6
III. Die Vereinzelung des Themsetunnel-Systems.	20
IV. Die neue Tunnel-Baumethode.	25
V. Variationen der neuen Methode	39
VI. Vorthelle der neuen Tunnel-Baumethode	44
A. Einfachheit	44
B. Kostenersparniss.	45
C. Sicherheit	51
VII. Folgerungen	55
VIII. Rückblick	59

I.

Die gebräuchlichen Tunnel-Holzbausysteme.

Während die Tunnelbauten in früherer Zeit zu den seltenen Erscheinungen gehörten und selbst bei den wenigen Strassen und Kanälen meist nur in Felsen gehauen wurden, trat dieser wichtige Zweig der Ingenieurwissenschaften mit dem Entstehen der Eisenbahnen in eine neue Periode.

Man sah sich mit einem Male genöthigt, in einem völlig fremden Felde zu arbeiten, und fühlte sich zugleich gezwungen, grossen, bislang in solchem Maasse nicht gekannten Schwierigkeiten die Stirne zu bieten. Da zu jener Zeit auch die Mittel einer raschen Verbreitung verschiedenartiger Erfahrungen beschränkt waren, so blieb jede bauende Nation mehr auf sich selbst angewiesen, und bildeten sich die Ingenieure landesüblich gewordene Methoden.

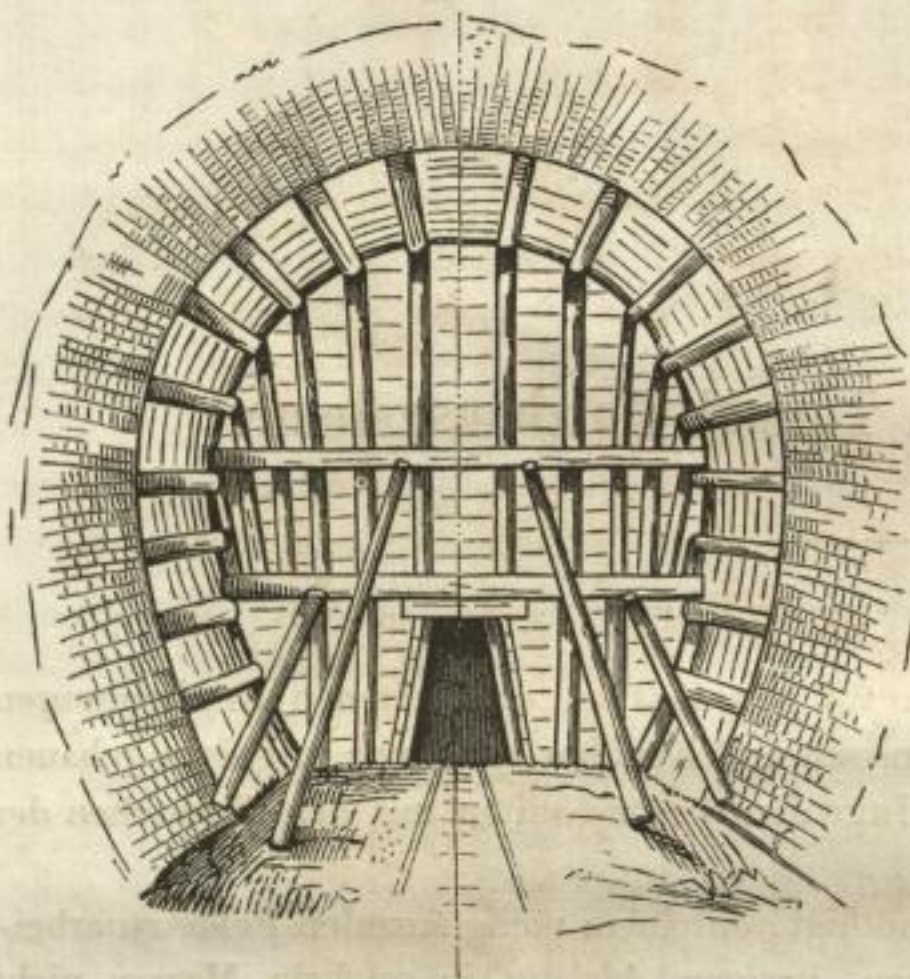
Dass diese letzteren auch in gegenwärtiger Zeit noch mit eigenthümlicher Beharrlichkeit verfolgt werden, hat in der hergebrachten Gewohnheit, in der noch jetzt vorkommenden Abhängigkeit vom zünftigen Bergarbeiter, wesentlich aber in dem Mangel kritisch eingehender Literatur und in dem Umstande seine völlige Begründung, dass die persönliche Eingenommenheit Nahrung findet in der Thatsache, wie es wenig Ingenieuren vergönnt ist, Erfahrungen in den unterschiedlichsten Gebirgsarten und Bauweisen sammeln zu können.

Im Wesentlichen unterscheidet man jetzt vier Tunnel-Baumethoden. Dem Alter nach steht obenan die englische.

Offenbar von Brunel's weltberühmt gewordener Themsetunnel-Baumethode beeinflusst, schliesst die englische Bauart das volle Tunnelprofil in einer Weise auf, wonach der frei gemachte Raum gestützt wird durch Langhölzer (Joche, Kronbalken oder Barren), welche mit Pfahlwerk (Bohlen) gegen das Eindringen des Bodens überdeckt sind, und mit dem einen Ende aufrufen auf dem schon vollführten Mauerwerke, am anderen Ende aber gestützt werden durch eine von der Sohle des Tunnels bis zur Firste reichende Abstempelung, die zu gleicher Zeit auch das Gebirge vor »Ort«, oder nach deutscher Bergmannssprache die »Brust« vor dem Hereingedrücktwerden zu schützen hat. Bedenkt man die Fehlerhaftigkeit: dass die wichtigsten Hölzer, nämlich

die Kronbalken, nur an beiden Enden unterstützt sind; erwägt man die Mangelhaftigkeit und Beweglichkeit der einen Endstützung: der Brustabstempelung; zieht man beim

Fig. 1.



Die englische Baumethode.

weiteren Vorschritte die entweder eintretende unzulängliche Hintermauerung des Gewölbes oder das mangelhafte, zumeist ganz undurchführbare Hervorholen des Holzes in Betracht; legt man ferner auf die hier aus Mangel an Platz nicht näher erweisbare Unzulänglichkeit der »Getriebe«^{*)} mit vollem Rechte Gewicht: so ist es erklärbar, dass die fremdländischen Ingenieure nicht einstimmen konnten in den Ueberzeugungsruf, mit dem noch heute die Engländer ihre Baumethode bei jenen Bahnen, Strassen und Kanälen einführen, die ihrem industriellen Einflusse pflichtig sind.

Die Belgier und nach ihnen die Franzosen haben sich seit der Zeit des Tunnels von Charleroy auch nicht getraut, mit der englischen Baumethode

in druckreiches Gebirge einzugreifen, und erdachten mit der ihnen eigenthümlichen Vorliebe für Unterfangungsarbeiten eine Tunnel-Bauweise, die, vorerst das obere Gewölbe herstellend, Schutz bieten soll gegen das Einbrechen der Firste, und die den Bau dadurch weiterführt und beendet, dass die Widerlager unterfangen, schliesslich aber die Massen des stehengebliebenen Mittelkörpers, Kernes oder »Sattels«, entfernt werden.

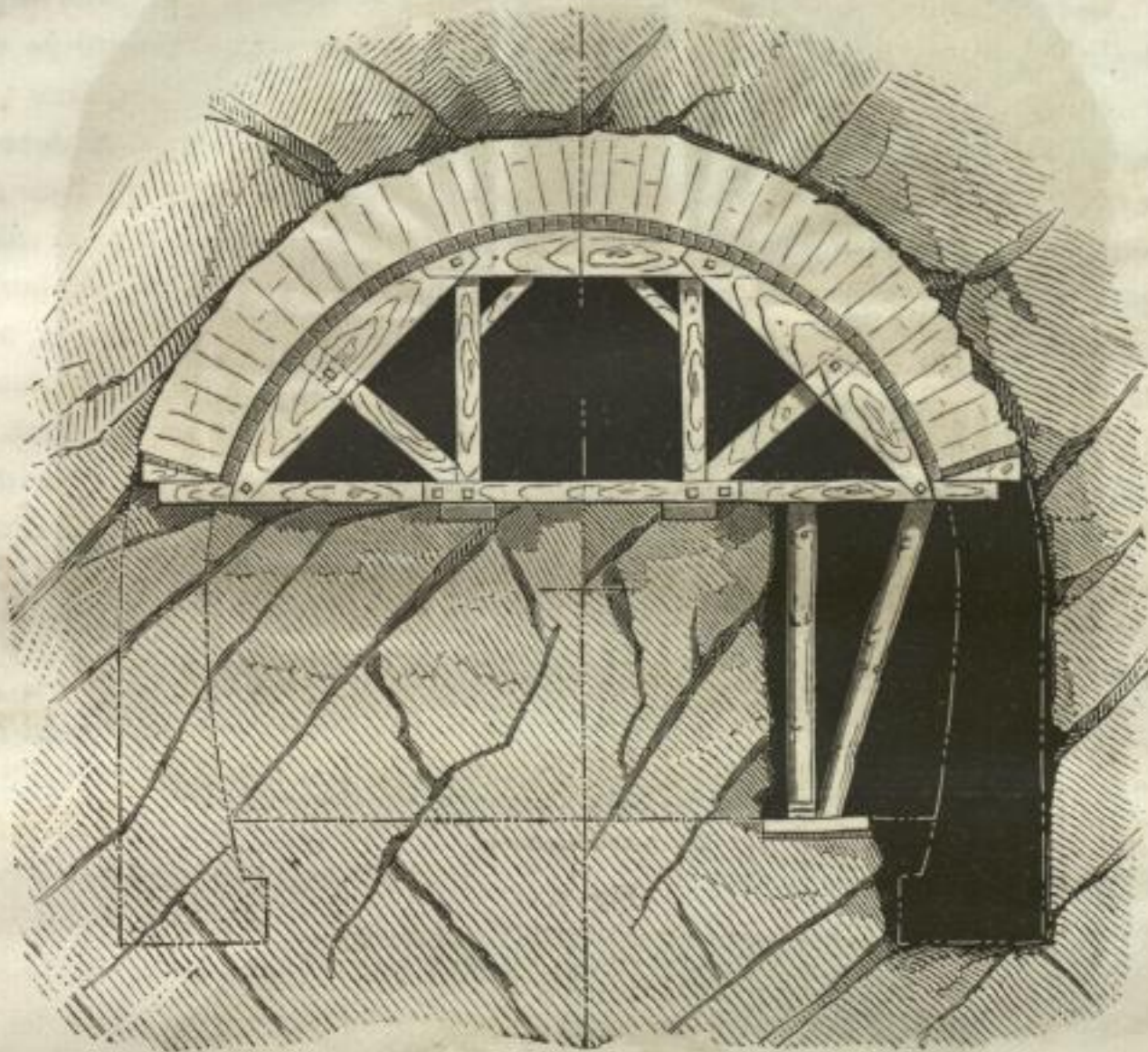
Die gerne sicher gehenden deutschen Ingenieure, wohl erkennend die Mängel der englischen Methode, auch nicht gewillt, ein Bauwerk mit dem Dache zu beginnen, verhehlten sich nicht allein, dass in den meist druckreichen Gebirgsarten ihrer Heimath der volle Aufschluss des Profils dann ganz erhebliche Schwierigkeiten mit sich bringen müsse, wenn diese Profilunterbauung mangelhaft sei, sondern meinten auch erkennen zu müssen, dass die Druckäusserungen auf ein geringeres Maass zurückgeführt werden möchten, wenn der ganze Gebirgsraum nicht mit einem Male erschlossen würde, man vielmehr in dem grossen Tunnelprofile einen Erdkern (s. Fig. 3) stehen liesse, um den herum in kleinen Räumen der Boden ausgehauen und die Mauerung eingezogen werden könnte.

In der That ist aber in druckreichem Terrain der »Mittelkörper« eine die Baufrequenz nicht allein höchst empfindlich hindernde Masse, sondern dieser Erdkörper, unterworfen den allseits andringenden Pressungen, trägt, weil ausser Zusammenhang gebracht mit dem anderen gewachsenen Boden, derartige Verschiebbarkeit und Beweglichkeit in sich, dass man ihn nicht als Fundament einer soliden Auszimmerung betrachten

^{*)} Die »Getriebezimmerung« in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1858.

kann, vielmehr dem Gedanken Platz räumen muss, dass die Haltbarkeit des »Sattels« an und für sich einen wesentlichen Holz- und Kostenaufwand erfordert.

Fig. 2.

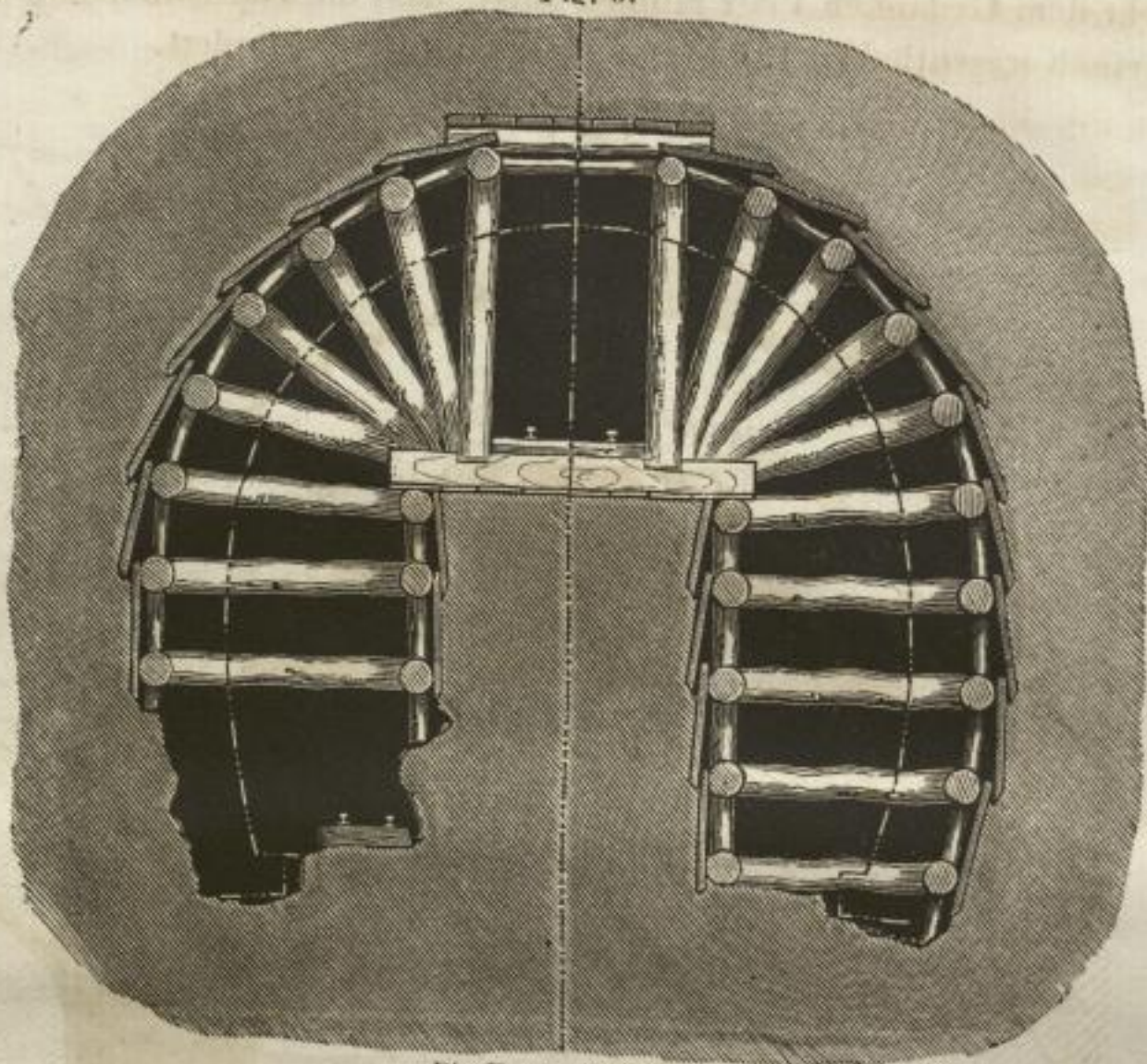


Die belgische Bauart.

Diese Uebelstände erkennend, insonderheit das Abhandensein jeder Garantie für die eigene Tragfähigkeit einer bis zum Schlusse des Sohlengewölbes selbstständig auftretenden Lehrgerüstung erwägend, endlich auch die Platzversperrung in dem ohnehin so engen Tunnelraume betrachtend: waren die österreichischen Ingenieure, vornehmlich durch die von ihnen beim Triebitzer Tunnel angewandte Kernbaumethode, und angeregt durch das Beispiel des Oberauer Tunnels, bei ihren unterirdischen Bahnzügen auf die Cultivirung des Ausbaues im vollen Profile zurückgekommen. Sie hielten es dabei für nöthig: den grossen Ausbruchraum constructiver als die Engländer zu stützen; die Möglichkeit einer Getriebezimmerung, respective Verpfählung nach der Längsachse des Baues aufrecht zu halten, und den Raum nicht bloss am vorderen und hinteren Ende des jeweilig aufgefahrenen Bau-Theiles, gleich den Engländern, »abzubölzen«, sondern ihn auch noch in der Mitte und zwar gemäss der speciell auftretenden Druckäusserung mehr oder minder dicht durch ihre »Bockgespärre« (Fig. 4) zu stützen.

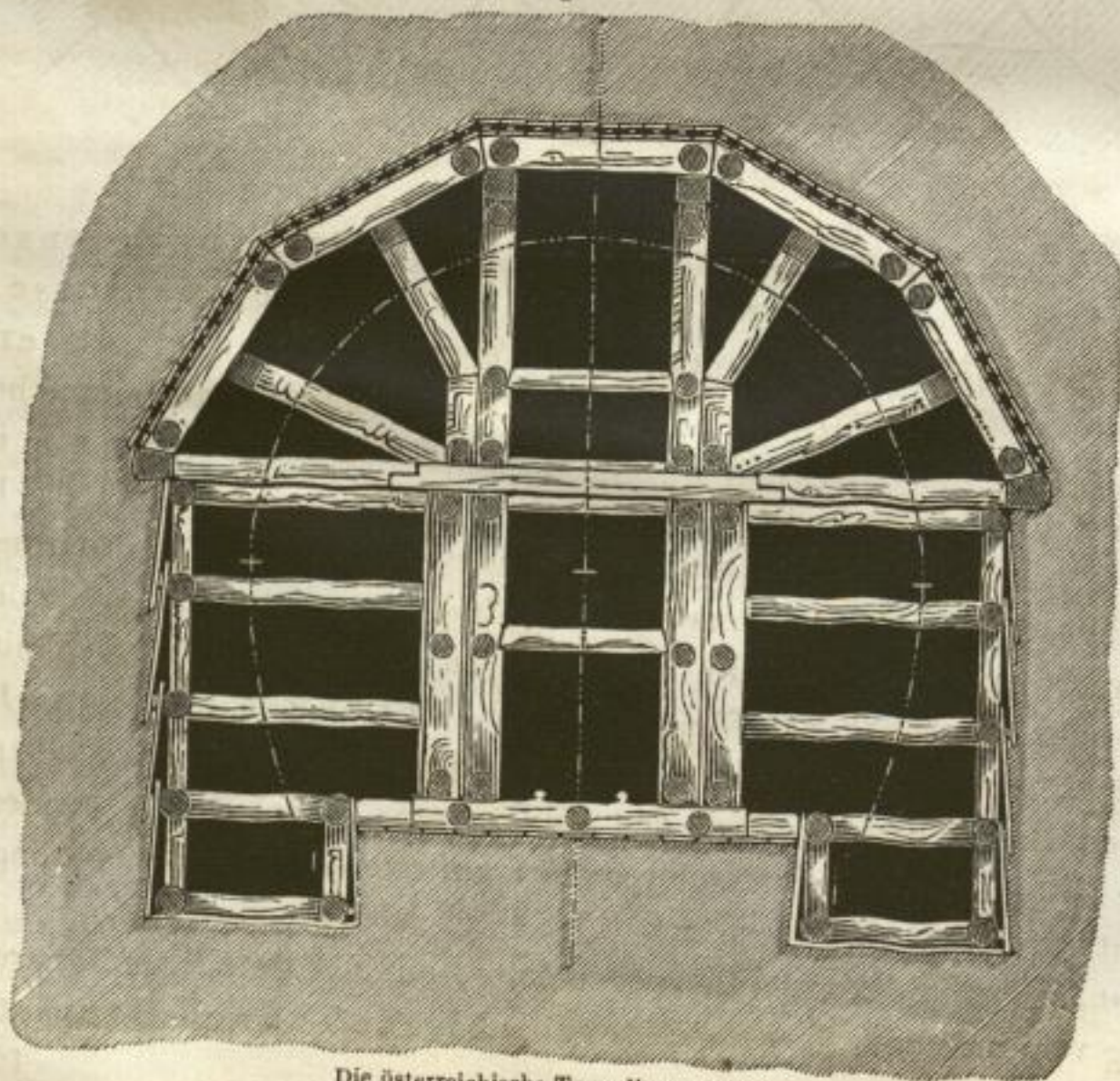
Es ist hier nicht der Ort, die ausgedehnte, auf alle Details sich erstreckende Beweisführung vorzunehmen, dass die österreichische Tunnel-Baumethode unter

Fig. 3.



Die Kernbaumethode.

Fig. 4.



Die österreichische Tunnelbaumethode.

den vorgeführten bislang die zweckmässigste und beste sei; nur so viel mag anzuführen erlaubt sein, dass sie, weil das ganze Profil erschliessend, gleich der englischen Bauart die Arbeiten der Bodengewinnung, der Förderung der »Berge«, der Mauerung, der Ventilation und des Wassers schöpfens überhaupt am thunlichsten befördert, hingegen aber den wichtigen Holzausbau (die Zimmerung oder »Böschung«) in der richtigsten Weise betreibt, weil derselbe unter allen übrigen Methoden der constructivste ist, und auch allen Einzelarbeiten des »Zimmerhäuers« gerecht wird. Vorherrschaft richtigster Construction umfasst aber immer den mindesten Materialaufwand, hier also den des Holzes.

Ein in sich *) aktueller Beweis über die Trefflichkeit der österreichischen Tunnel-Baumethode lässt sich dadurch beibringen, wenn man erwähnt, wie diese Bauart in den riesigsten Druckfällen Widerstand und Gewährleistung geboten hat, wie sie seit der ersten ausser-österreichischen Anwendung durch den Verfasser, trotz Vorurtheilen sich auch in anderen Ländern Bahn bricht und bereits an der Wilhelms- und Ruhr-Sieg-Bahn, neuestens im Heidelberger, Altenbeckner und Reelser Tunnel Anwendung gefunden hat und findet.

*) Die eigentliche Beweisführung, welche nothgedrungen auf die Einzelheiten des Baues sich stützen muss, hat der Verfasser in seinem bereits unter der Presse befindlichen »Lehrbuch der gesammten Tunnel-Baukunst« darzuthun versucht.

II.

Bedürfniss des Fortschrittes im Tunnel-Baufache.

Von den vorstehenden Bauarten lässt sich die Thatsache constatiren, dass zwar sporadisch das unverkennbare Streben nach Verbesserung auftritt, dass jedoch die ersten drei Methoden so ziemlich noch in ursprünglicher Fassung Anwendung finden und zu Gunsten der besten Methode noch nicht zu bestehen aufgehört haben. Betrachten wir das Ringen nach Vervollkommnung, die Einführung und das Fallenlassen gewisser Variationen, so ist für den unparteiischen Fachmann das interessante Factum erkennbar, dass die englische, die belgische und die Kernbaumethode in den Händen verschiedländischer Ingenieure Modificationen erfahren haben, welche häufig zwar ganz unvortheilhaft waren, in der Mehrheit jedoch hingedrängt wurden zu den Principien der österreichischen Bauart.

Blicken wir beispielsweise auf den Roosebecker Tunnel und jenen von Montre-tout*), so ist beim ersteren die zweckmässigere Bölzung des oberen Profiles, beim anderen das Fallenlassen des Mittelkörpers ein Auftreten, wonach die belgische Manier sich der österreichischen dadurch zu nähern sucht, dass sie einerseits die Holzunterstützung ebenso wie da vortheilhaft machen will, andererseits aber die Einführung eines unteren »Sparrenbockes«**) anstrebt.

Hinsichtlich der englischen Methode muss notirt werden, dass die Inländer sie in ursprünglicher Gestalt beibehalten und nur deutsche Ingenieure zu Gunsten eines rascheren Betriebes beim Baue der Rhein-Nahe-Bahn***) sich die Modification erlaubt haben, mit dem Weiterausbruche nicht zu warten, bis das vollendet ausgehauene Stück auch gewölbt sei, sondern sofort ein folgendes Stück zu beginnen und dabei die Kronbalken am vorderen Ende nicht auf Mauerwerk, sondern auf die da befindliche Brustabstempelung zu stellen. Hiernach gestaltet sich die Brustabstempelung zu einem

*) Förster's Bauzeitung, Jahrgang 1839 und 1856.

**) Terminologie der Tunnelbausprache im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Jahrgang 1859. 3. Heft.

***) Uebersicht der Tunnelbaukunst, Kölner Gewerbezeitung 1860.

»Gespärre«, d. h. die in Angriff befindliche totale Länge des jeweiligen Ausbaues ist nicht nur an beiden Enden, sondern auch in der Mitte gestützt. Abgesehen von einer Kritik dieses Verfahrens, ist also damit die Manier der österreichischen Methode angestrebt, eben aber nur angestrebt, denn einem »Gespärre« von der Construction einer »englischen Brustabstempelung« ist wahrlich nicht hervorragende Standfähigkeit beizumessen.

Was nun die Mittelkörpermethode anbelangt, s. Fig. 3, so bietet sie den schlagendsten Beweis ihrer Unzulänglichkeit in der allgemeinen Sucht, sie zu verbessern. Beinahe jeder Tunnel, der mit dieser Methode in druckreichem Terrain erbaut wurde, führt uns eine andere Variation vor Augen. Wir wollen unter den schwierigeren Tunneln nur den Königsdorfer, den Triebitzer, den Rosensteiner, Schwarzkopf- und Čžernitzer Tunnel als Beleg anführen, um mit der Bemerkung zu schliessen, wie für die Hinfälligkeit dieser Methode dadurch der beste Beweis geliefert ist, dass sie trotz äusserst lebhafter Vertheidigung immer mehr verschwindet.

Wenden wir unseren Blick der österreichischen Methode zu, so bot das Land ihrer Anwendung ein lebhaftes Wechselspiel von Gebirgsarten, also einen grossen Kreis von Erfahrungen. Trotz dem man auf den österreichischen Bahnen auch andere Bauarten anwandte, kam man doch schliesslich auf dieselbe zurück und widmete ihr eine Aufmerksamkeit, welcher endgültig eine Construction entspross, die für jeden Fall, sei es auch der schwierigste, nämlich rein schwimmendes Gebirge, Stand zu halten vermag. In kurzem Zeitraume weniger Jahre verliess man im milden Gesteine das, bei den Boddenbacher und Weinzettelfeld-Tunneln noch angewandte System der hohen, bis zur Firste reichenden »Sparrenbocksäulen«, um einen »oberen« und »unteren Sparrenbock« einzuführen, und dessen Beweglichkeit, die bei dem Semmeringhaupt-tunnel, bei den Tunneln Nr. III und IV der Karstbahn empfindlich hervortrat, schliesslich durch eingeschobene Langhölzer oder Schwellenunterzüge zu hemmen. Die vom Verfasser eingeführte Abänderung des Abbausystemes von einem »Strossen-« in einen »Firstenbau« (s. Fig. 5, 6 und 7) hat sich ganz entsprechend erwiesen und der Methode die Minimalsetzung der Gespärtheile verschafft.

Ueberblicken wir die vorliegende Skizzirung der bisherigen vier Tunnel-Bausysteme, so kann man ohne Kühnheit den Satz aufstellen, dass sie einer besonders maassgebenden Cultivirung nicht weiter mehr fähig sind, und bei ihrem Festhalten der Fortschritt nur darin liegen möchte, sich einem bestimmten Systeme überhaupt zuzuwenden. Entschliesst man sich aber auch zu dem besten Systeme, für welches das österreichische laut wissenschaftlicher Begründung erklärt werden muss, so sind deshalb noch nicht die Wünsche nach Vervollkommnung unseres Faches erfüllt, da der wahre Fortschritt desselben sich in der Ausschliessung des Holzes concentriren muss.

Wer je Gelegenheit gehabt hat, einen Tunnelbau in besonders druckreichem, thonigem, lettigem, erdigem, vielleicht gar schwimmendem Gebirge mitmachen zu können, wird zugeben müssen, dass selbst bei der zweckmässigsten Baumethode die Oeffnung eines zweigeleisigen Tunnels ganz erheblichen Schwierigkeiten unterliegt; dass bei der grössten Vorsicht durch die Unachtsamkeit eines Arbeiters in sorgloser Entfernung höchst wichtiger Hölzer oder in mangelhafter Einbauung von Bölzungstheilen ganz

bedenkliche Verdrückungen herbeigeführt werden können; dass die aufzuwendende Holzmasse eine für den Laien Staunen erregende Grösse erreicht — und dass die Weitschweifigkeit des Einbaues der definitiven Zimmerung durch ein Vorhergehen der provisorischen (oder wie der Bergmann sagt »verlorenen«) Zimmerung eine sehr grosse ist. Ehe irgend eines der definitiven Zimmerungshölzer aufgestellt werden kann, muss der Raum dafür in kleinen Partien gewonnen werden. Diese Räume haben nicht immer das genaue gleiche Maass und ist daher der Holzverschnitt zu dem Ausbaue dieser Räume vermittelt der verlorenen Zimmerung ein sehr erheblicher und stetig wiederkehrender.

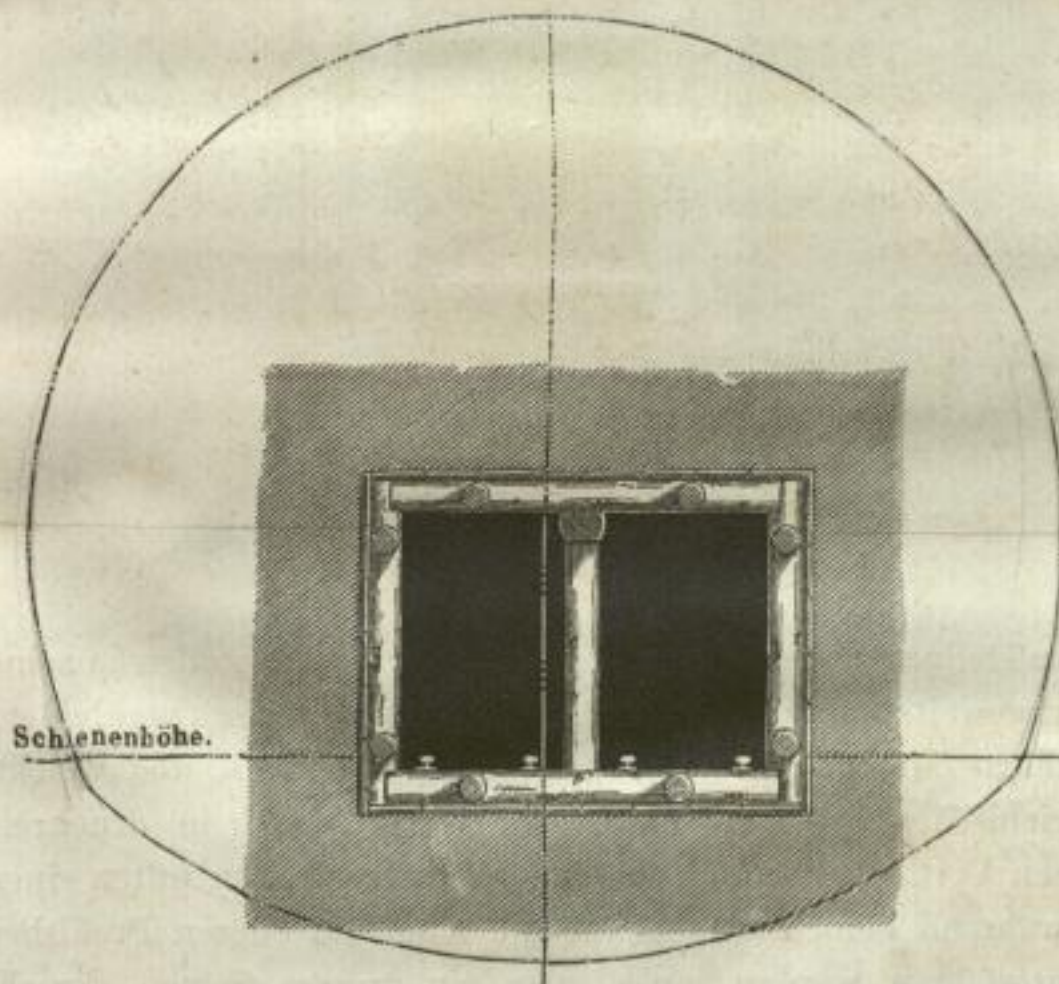
Die Bohlenverkleidung der Wände, d. h. die »Pfählung« oder »Anlegung« kann in gebrächem Gesteine und erdigem Boden beim weiteren Vordringen des Baues nicht weggenommen werden, weil sonst das Gebirge hereinrollen und, in Bewegung gekommen, die anstehende verlorene Zimmerung umwerfen würde. Sie muss also stückweise ausgehauen werden. Ebenso sind auch alle Hölzer derart fest in einander gepresst, dass eine einfache Loslösung nicht erfolgen kann, sondern ein spahnweises Abhauen mit der Axt stattfinden muss, weil die Säge wegen der Oertlichkeit und der Pressungen im Holze nicht anwendbar ist. Hierdurch entsteht eine solche Verkürzung und Beschädigung des angewandten »Bolzwerkes«, dass letzteres nur noch partiell zu weiterer Zimmerung gebraucht werden kann. Hat man nun mühselig und vereinzelt die verlorene Zimmerung gestellt, so geht es an den Einbau der definitiven einzelnen Gehölze. Auch hier müssen dieselben erst mit verlorenen Bolzen mühsam unterstützt werden, ehe sie sich zu einem Ganzen, zu eigener Verbindung und Tragfähigkeit, d. h. zu einem »Gespärre« vereinen können.

Steht nun dergestalt die endgültige Holzzimmerung, so hat beim Beginn der Mauerung wieder die Entfernung der hindernden Hölzer vor sich zu gehen, und muss die Mauer mit vielem Holz- und Kostenaufwande, so weit dieselbe auf keinem Lehrgerüste ruht, gegen die Gespärreböcke abgespreizt werden, damit sie durch den Gebirgsdruck nicht hereingepresst werden kann. Diese Abbolzung des Widerlagsmauerwerkes darf nicht nach Willkür erfolgen, sondern es muss, übereinstimmend mit dem Vorschritte des Mauerwerkes, ein Lehrbogenuntergestell, Fig. 11, heranwachsen, welches schliesslich ein mit dem Lehrbogen zusammenhängendes Ganze, das Lehrbogengerüste oder »Bockgestelle«, Fig. 12, bildet. Ist die nöthige Höhe der Widerlagsmauern erreicht, so können erst die Lehrbogen eingebaut werden, und ist dies in druckreichem Terrain, welches dichte Zimmerung erheischt, eine sehr mühsame Arbeit, da vorerst eine Menge hinderndes Holzwerk »ausgewechselt«, d. h. herausgenommen werden muss, nachdem früher an nicht hindernder Stelle ein Ersatzstück errichtet wurde. Steht schliesslich der Lehrbogen, so muss bei der Schicht um Schicht vorschreitenden Wölbung das vortretende Bolzungsgehölze mühsam und meist spahnweise herausgehauen werden. — Verliert man nun nicht aus dem Auge, wie arg alles Holzwerk im Laufe dieser Procedur zerpresst, oft buchstäblich zermalmt wird, wie, so zu sagen, stets neuer Ersatz heranzulangen muss, und wie bei dem selbst ausgehaltenen Holze die dumpfe, nasse Grubenluft ein »Stocken« hervorruft, also den weiteren Gebrauch verbietet; erwägt man ferner, wie der Zustand des Druckes es im Geleite hat, dass viele Bölzungstheile mit vermauert werden müssen, ihre Entfernung wenigstens häufig mehr Kosten verursachen würde, als

der Rettungswerth beträgt: so ist mit rohen Strichen das Bild entworfen, welches die bei einem Tunnelbaue bislang beanspruchte Holzmasse darstellt. Um indess die Sache deutlicher zu machen, wurden die folgenden Figuren 5 bis 14 beigegeben, welche einen Fortgang des Baues in den wesentlichsten Stadien fixiren. Die Zwischenmomente müssen dem Geiste des Lesers überlassen bleiben, und ist nur noch die Bemerkung anzufügen, dass, um nicht zu viele Figuren zu erhalten, alle Detaillängenschnitte, dann alle jene Profile weggelassen wurden, welche die »verlorene« Zimmerung darstellen müssten. Verfolgen wir nun die einzelnen Vorschritte des Baues nach österreichischer Methode unter der Voraussetzung eines sehr druckreichen, mergeligen Gebirges, welches ein Sohlengewölbe benöthigt.

Darstellung des ersten Profilangriffes, bestehend aus dem
vorschreitenden Sohlenstollen,

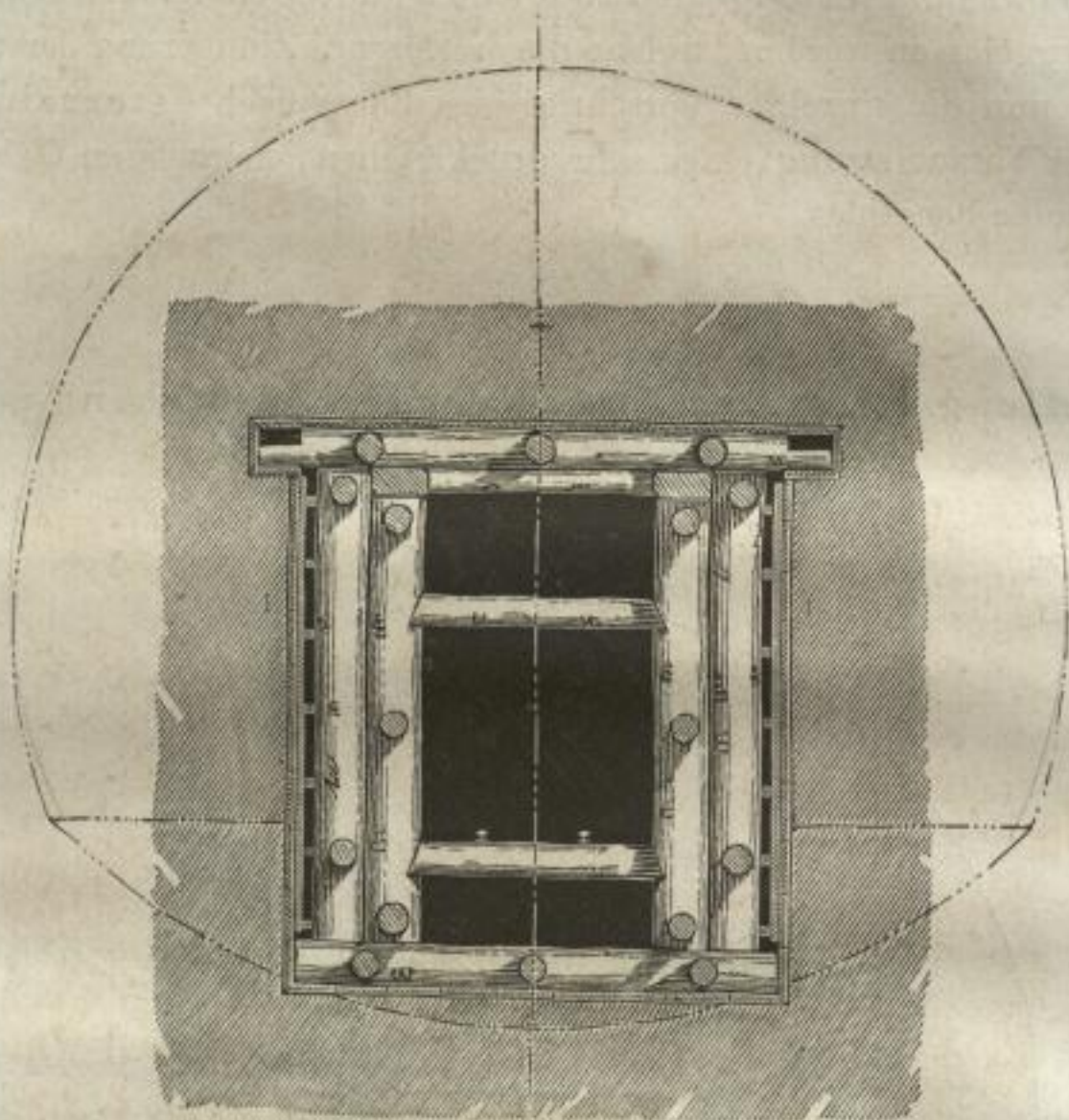
Fig. 5.



welcher für zweigeleisige Interimsbahnen angelegt wird und wegen der grossen Länge der Kappe einen Unterzug mit Stempeln erhalten muss. Dieser vorausseilende Sohlenstollen dient zur Controle der Richtung, zur Entwässerung des darüber liegenden Gebirges, zur Vermittelung des Abflusses der Wässer, zur Erlangung der Kenntniss des auszu-hauenden Gebirges, zur Eröffnung selbstthätiger Ventilation, zur unbehinderten Frequenz, und ist endlich höchst wichtig zur Beschaffung von mehreren Angriffspunkten oder »Aufbrüchen«.

Einbau des unteren Sparrenbockes.

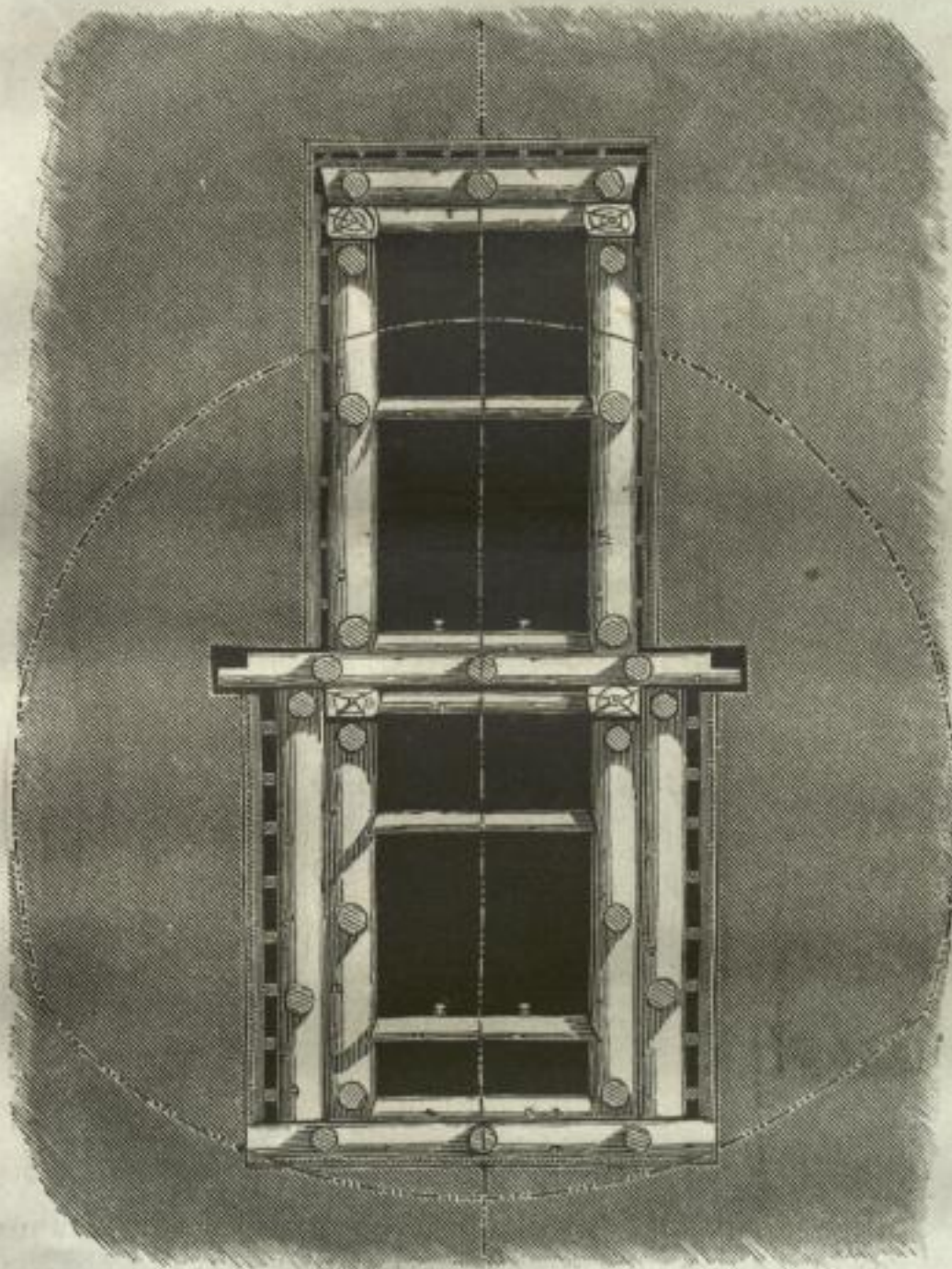
Fig. 6.



Für die Aufstellung desselben muss vorerst der Sohlenstollen in seiner »Firste« und den »Ulmen« ausgeweitet und der entstandene Raum provisorisch verkleidet werden. Diese von mir eingeführte Methode bildet dann einen »Firstenbau« und weicht von der bisherigen österreichischen »Strossenbauart« ab, bietet jedoch in druckreichem Gebirge den wesentlichen Vortheil, für alle oberen Profilhölzer schon unten einen festen Bock vorzufinden, während beim Strossenbaue die schon im oberen Profiltheile befindliche Zimmerung unterfahren werden muss, also ein grosses Setzen der »Firste« im Geleite hat.

Einbau des oberen Sparrenbockes.

Fig. 7.

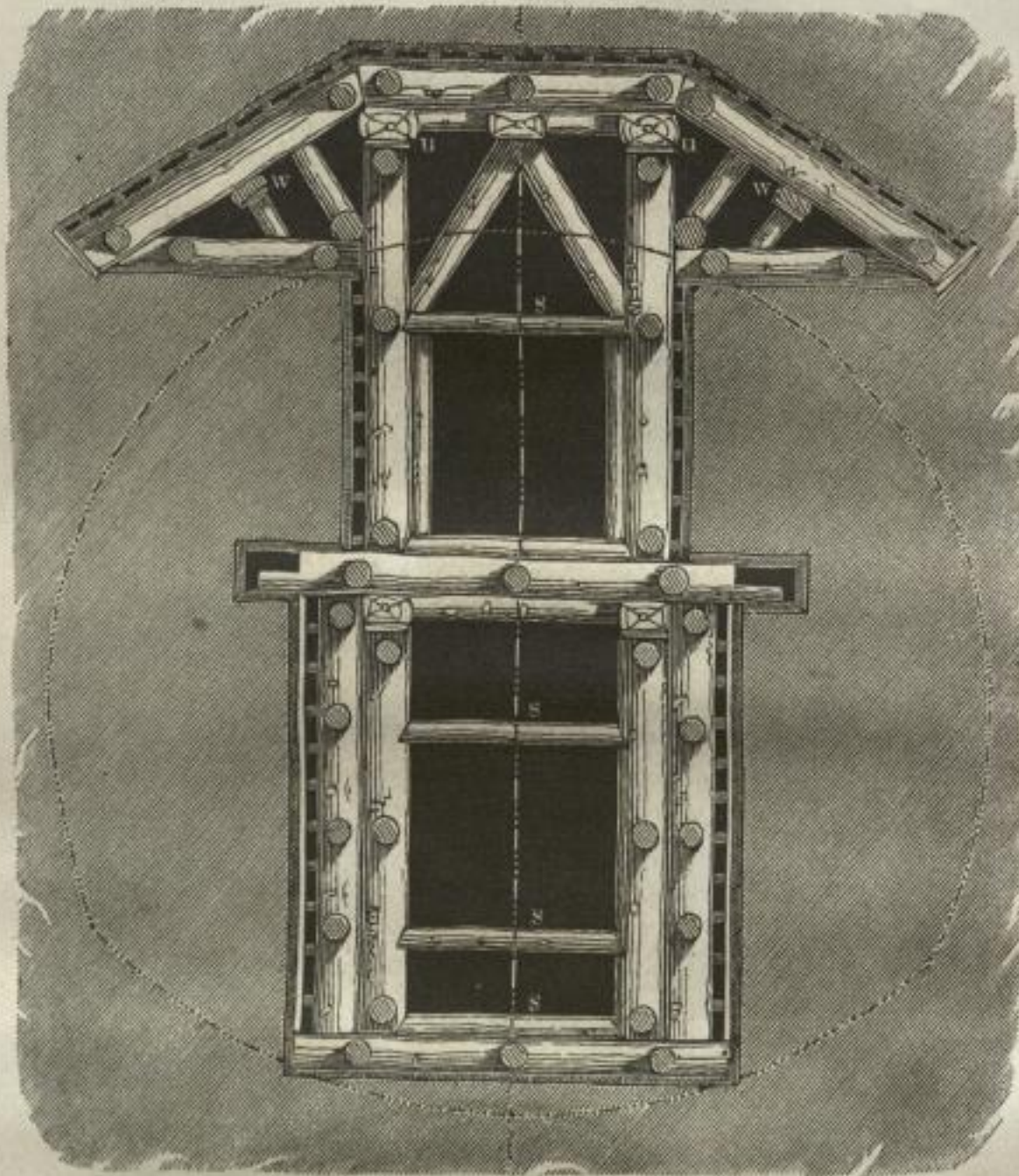


Nach Aufstellung des unteren Sparrenbockes wird für den »oberen« der Raum mit verlorener Zimmerung aufgehauen. Dieser Aufhieb kann jedoch nicht auf einmal in seiner ganzen Höhe vor sich gehen, sondern erfolgt in der Regel in zwei Absätzen, wovon der oberste vorweg eilt und die Kappen und Unterzüge einzubauen gestattet.

Man nennt diesen Bau den »hohen Stollen«, und gewährt dieser den grossen Vortheil, dass erstens die andere noch nöthige Zimmerung einen festen »Bock« vorfindet, zweitens das Tunnelprofil sehr tüchtig entwässert wird und drittens die Massen des übrigen Profiles sehr zweckmässig transportirt oder »gefördert« werden können.

Einbau der Sparren.

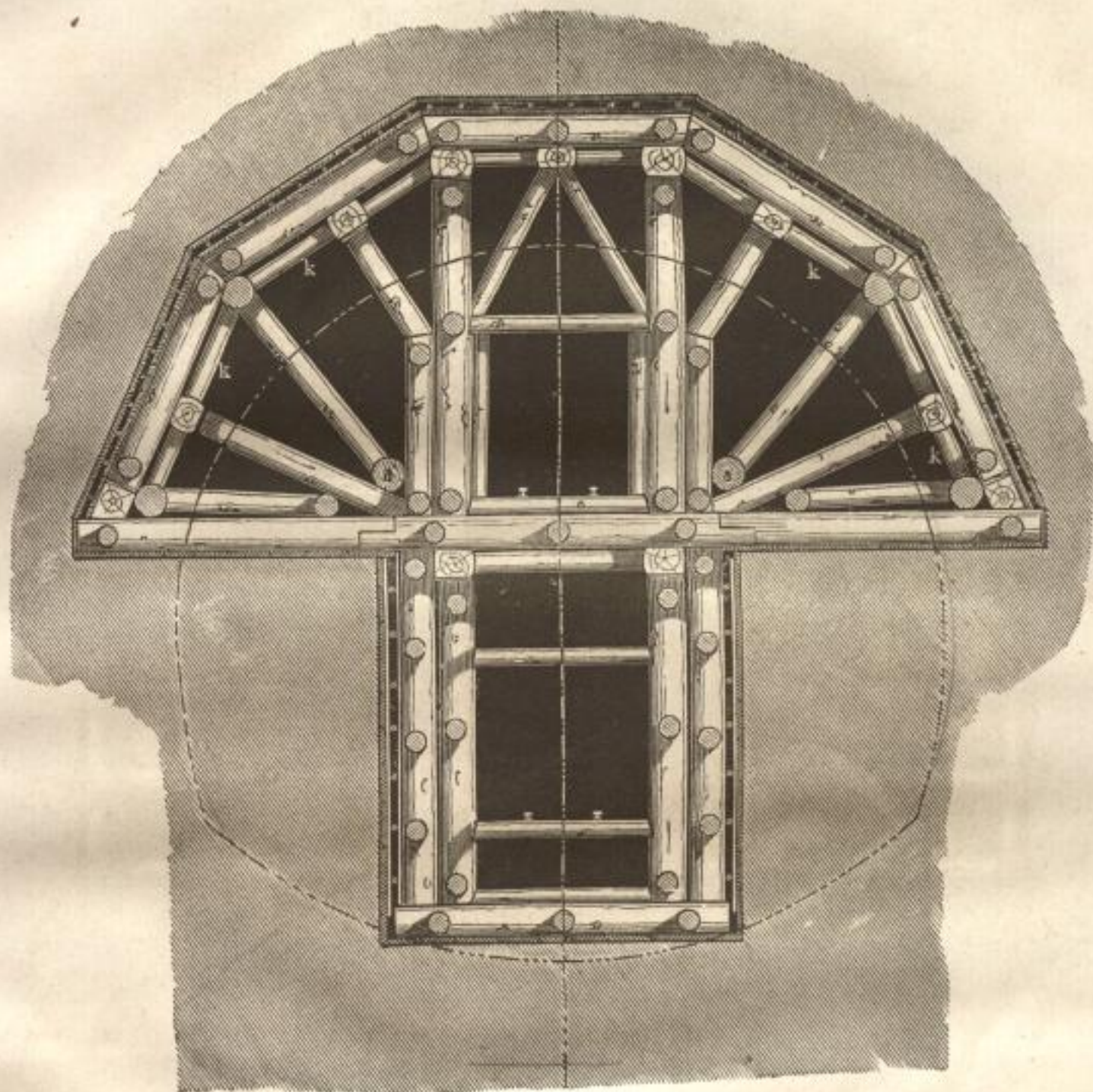
Fig. 8.



Der hohe Stollen dient als »Bock« für die andere Profilauszimmerung, und ist deren Beginn aus Figur 8 erkennbar. Man hängt nämlich zur rechten und linken Seite des obersten Polygonholzes »der Kappe« die »Sparren« auf und behandelt dabei den Vortrieb, wie es bei einem Stollen der Fall ist. Damit die Sparren von dem Gebirgsdrucke nicht hereingepresst werden können, unterstempelt man sie mehr oder minder dicht. Ist eine Partie Sparren »gehängt«, so unterfängt man sie mit einem Unterzuge, oder bergmännisch gesprochen, mit der »Sparren-Wandruthe« *w, w*.

Einbau der Sparrenfüsse.

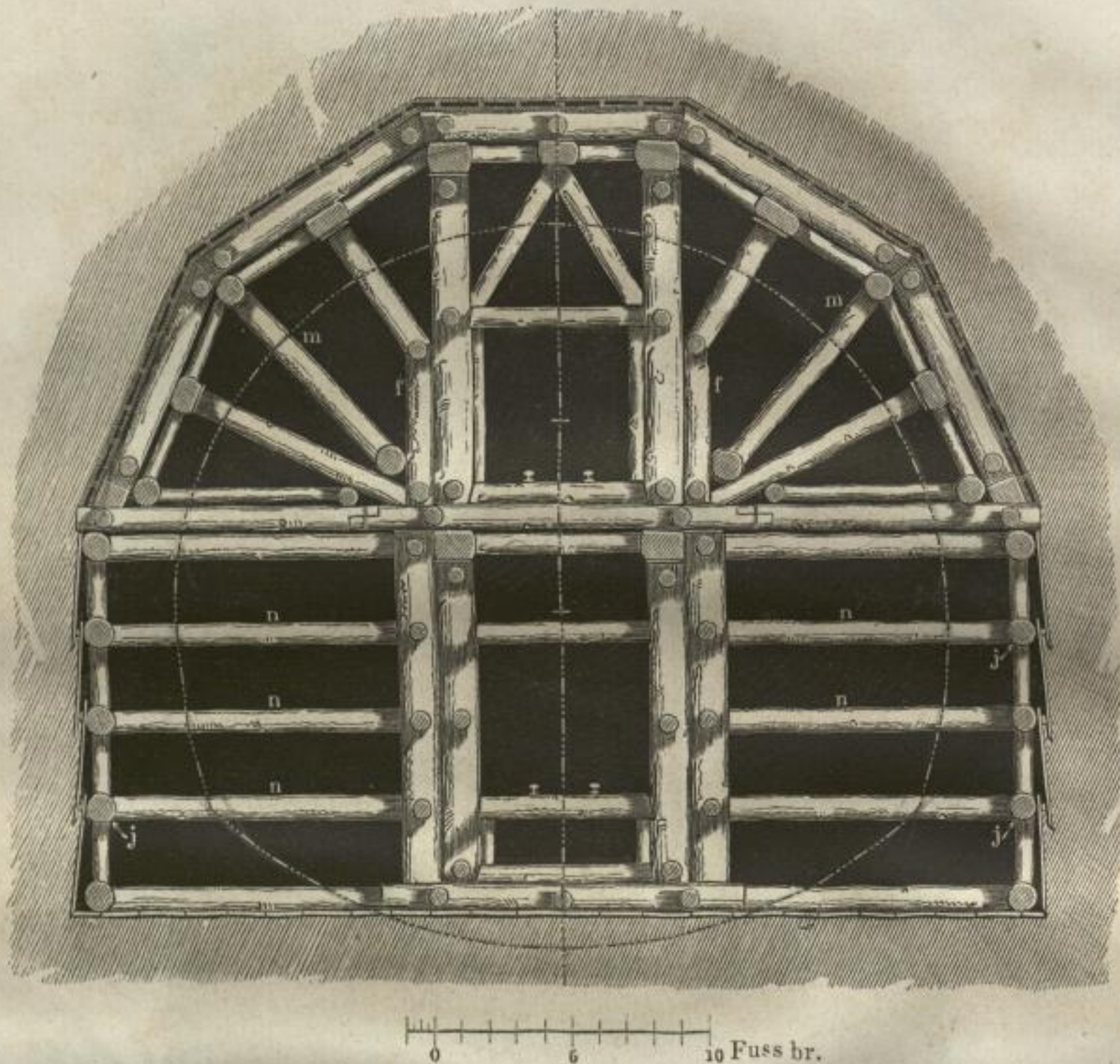
Fig. 9.



Nach dem Einbaue der Sparren (der mittelsten Polygonhölzer) wird der Raum für die untersten Umfanghölzer ausgehauen, verloren gebölzt, und werden die Sparrenfüsse eingebaut. Man stellt sie auf eine breitere Unterlage: die sogenannten »Fusspfähle«. Mit der Herstellung der Sparrenfüsse schliesst der Ausbau des oberen Profiles ab. Die Langhölzer *aa* verbessern die Zimmerung sehr entschieden, indem sie gegen Verschiebbarkeit der letzteren Steuerung einlegen.

Ausbau des ganzen Profiles.

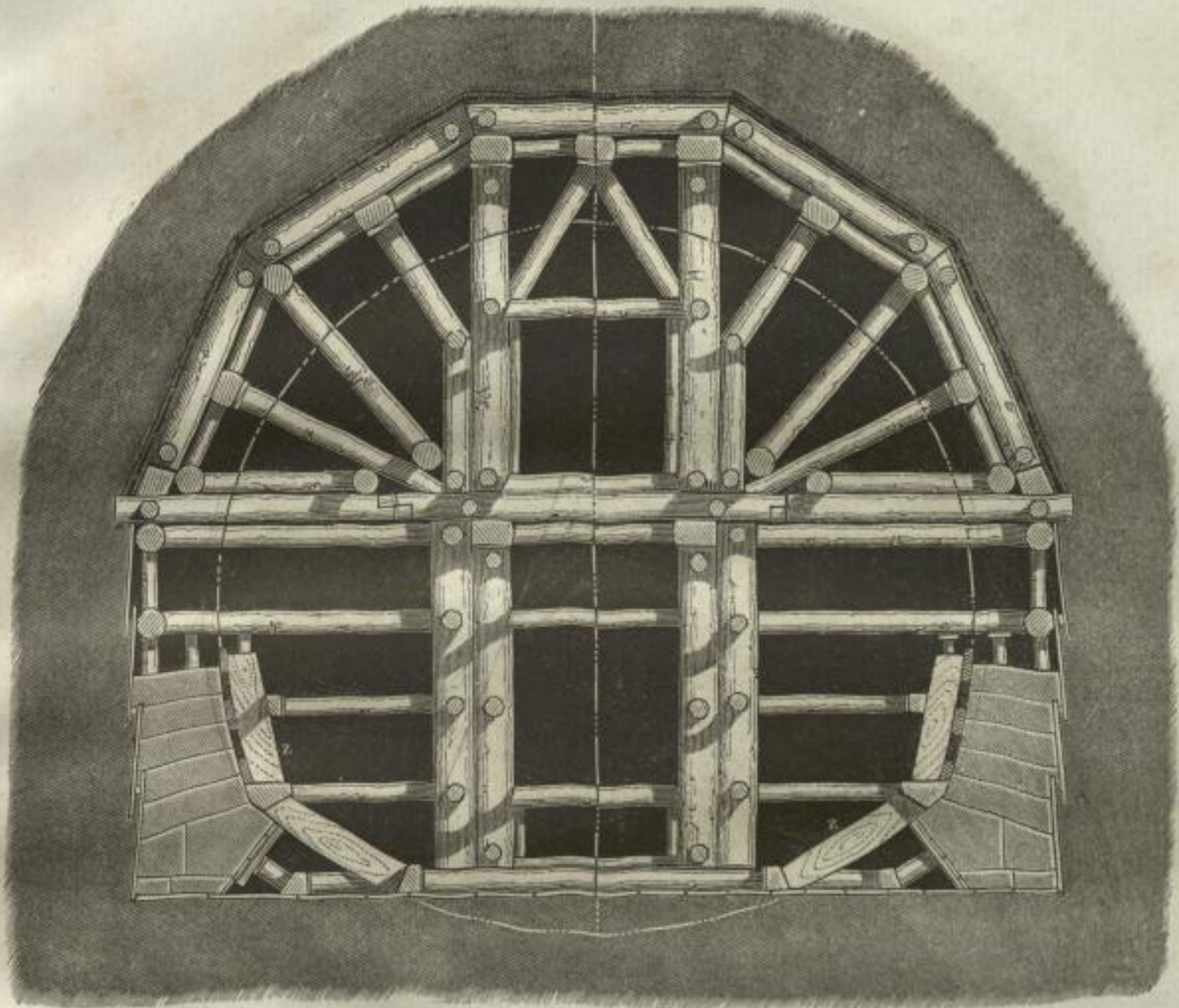
Fig. 10.



Vom unteren Profile sind nun noch die »Strossen«, »Mauerstrecken« oder »Ulmen«, d. h. die Räume für den Einbau der Widerlager nachzunehmen. In welcher Weise dies bei nöthiger Getriebezimmerung erfolgt, stellt uns vorstehende Figur dar. Den längs des Umfangs des oberen Profiles laufenden Holzkranz (Kappen, Sparren und Sparrenfüsse) nennt man ein »Sparrenzimmer«. Die übrigen Hölzer, welche vermöge der Wandruthen und Unterzüge unterhalb des Sparrenzimmers nicht nöthig haben, mit diesem letzteren in einer Ebene zu liegen, heisst man in Gesammtheit: ein »Gespärre«.

Einziehung des Fundamentes und der unteren Widerlagsmauern.

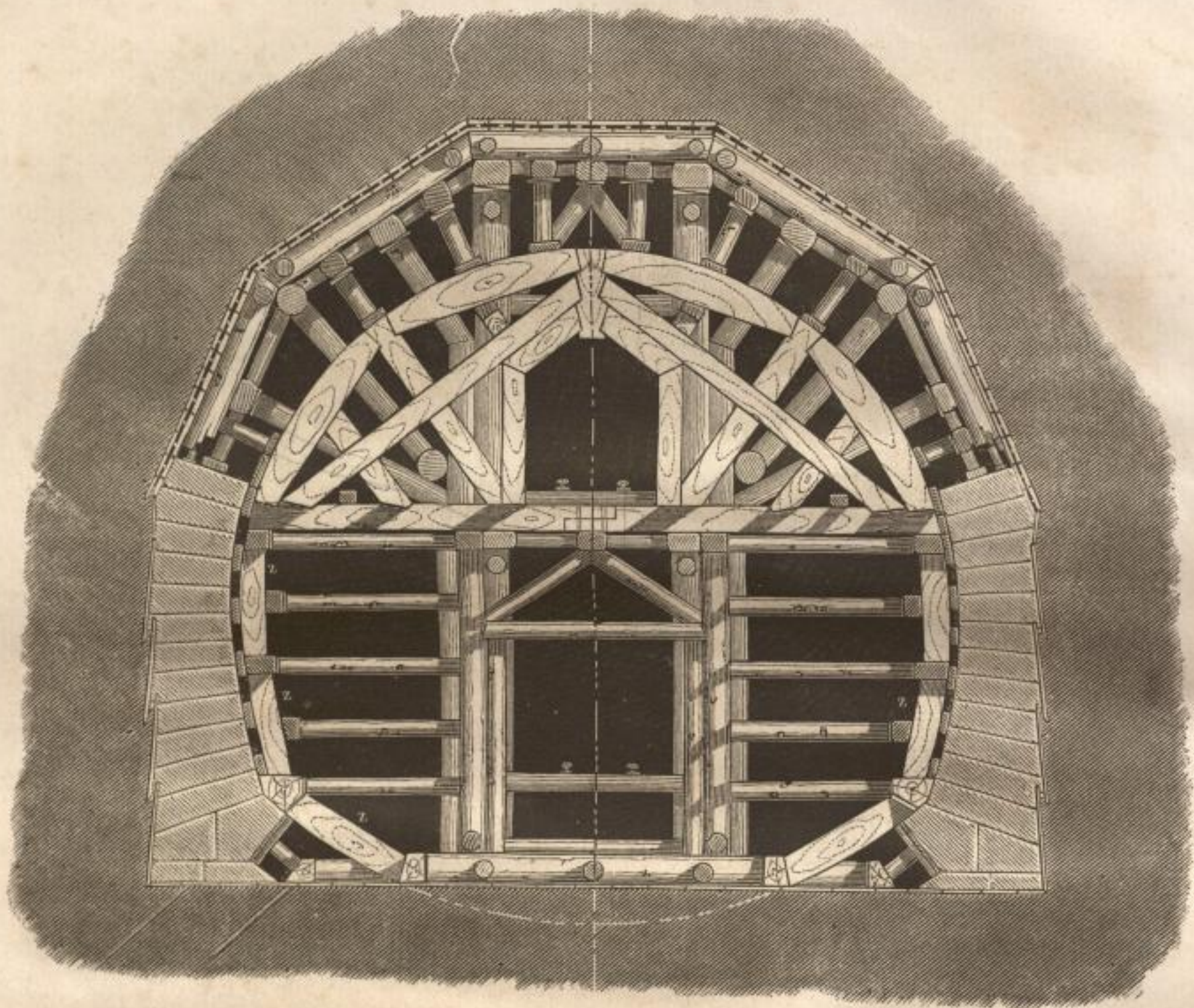
Fig. 11.



Nachdem man je nach dem Gebirgsdrucke eine mehr oder minder grosse Tunnel-
länge (in vorliegendem Falle 9 bis 18 Fuss) erschlossen hat, beginnt die Mauerung mit Her-
stellung der Fundamente und Aufsetzung der unteren Widerlagspartie. Die nun hindern-
den Bölzungsgehölze müssen ausgehauen werden. Damit jedoch der Gebirgsdruck die
aufgeführte Mauerung nicht hereindrückt, muss letztere wiederum gegen den Sparrenbock
abgespreizt werden. Die Entfernung des Bölzungsgehölzes und den letzt erwähnten
neuen Einzug von Hölzern nennt man gewöhnlich die »Auswechsellung«.

Einbau des Lehrbogens.

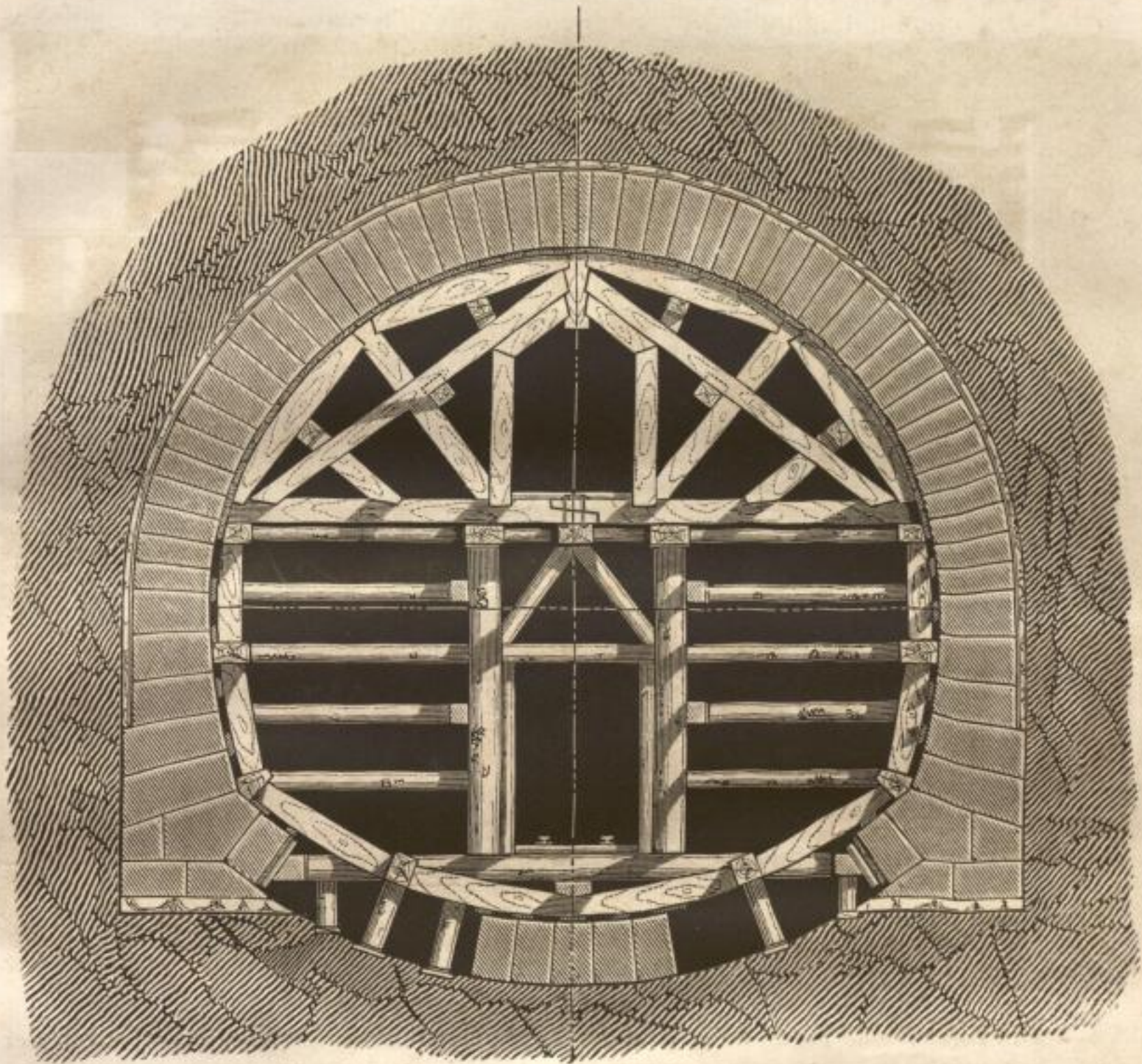
Fig. 12.



Die vorhin erwähnte Abspreizung des Widerlagsmauerwerkes wird durch Hölzer, welche sich an sie anschmiegen, »die Zirkelhölzer« (*zz* in Figur 11 und 12), vermittelt. Dieselben bilden zugleich den Unterbau für den eigentlichen Lehrbogen, und wir sehen aus der für spätere Demonstration höchst wichtigen Figur 12, dass das Untergerüste mit dem Lehrbogen ein abgeschlossenes, für sich tragfähiges Ganze, nämlich ein »Bockgestelle« bilden muss. Auf dem Lehrbogen sind nämlich zur Vermeidung seiner Verschiebung, bei einseitigem, durch die Lösung der Bölungstheile entstehendem Drucke, Stempel zu stellen, und es ist daher das Bockgestelle der Träger nicht allein des gesammten Gebirgsdruckes, sondern auch der Last der ungeschlossenen Mauerung.

Darstellung des Bockgestelles und Einbau des Sohlengewölbes.

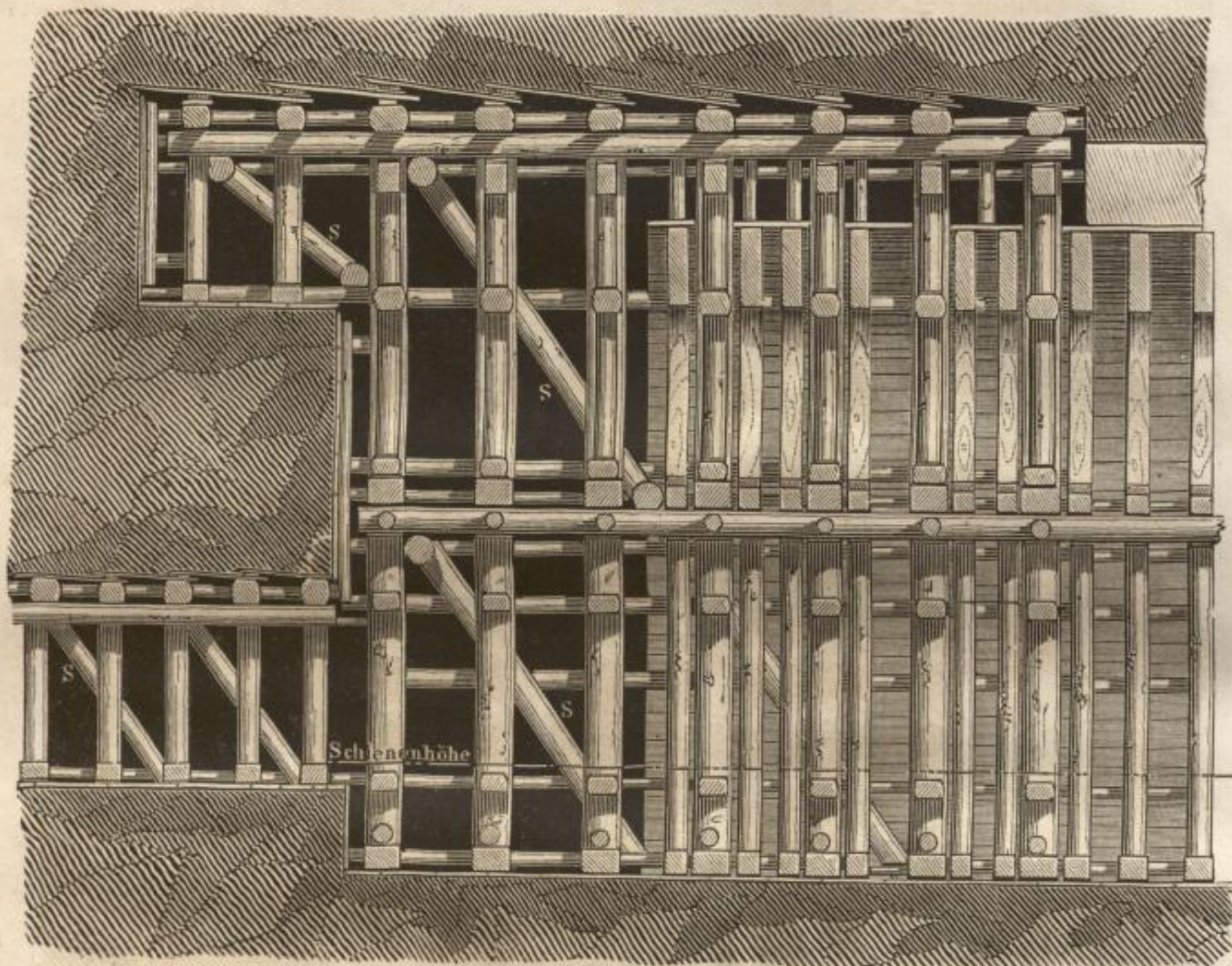
Fig. 13.



Die vorstehende Figur, welche nebst dem Bockgestelle die geschlossene Gewölbs-
tonne darstellt, zeigt uns zugleich, dass die Ausrüstung für die Mauerung nicht früher
entfernt werden darf, bevor das Sohlengewölbe eingezogen, d. h. die völlige Wölbung
gediehen ist. Es ist Factum, dass diesem höchst wichtigen Umstande die anderen Tunnel-
Holzbaumethoden nicht genügende Rechnung tragen, so wie dass die Ausserachtlassung
dieser Regel, auf ganz erklärliche Art in druckreichem Terrain, Verdrückungen der Wöl-
bung nach sich ziehen muss. Unter dem Schutze des Bockgestelles erfolgt die Einfügung
des Sohlengewölbes.

Längenprofil des Bauvorganges.

Fig. 14.



Die vorstehende Figur zeigt eine gedrängte Darstellung des Vorganges, nach der Längsachse des Baues betrachtet. Wir sehen einen Theil geschlossen, einen Theil in Lehrbogen und Verschalung stehen, einen Theil im ganzen Profile ausgebaut, ein Stück in Vorbereitung und den vorseilenden Sohlenstollen. Dem Gebirgsschube von den »Ortsstößen« in den Tunnel herein begegnen nebstbei die Schubstreben *S S S*.

Die hier gegebenen Figuren von 5 bis 14, obwohl sie, wie schon erwähnt, nur die wichtigsten Stadien des Baues darstellen, dürften indess doch genügen, um die nöthigen grossen Holzmassen zu vergegenwärtigen. So sind z. B. für den Fall des in erdigem nassen Keupermergel liegenden, 200 braunschweigische Ruthen langen zweigeleisigen Tunnels bei Naensen nachgewiesen:

533400	Cubikfuss buchenes Rundholz	Braunschweigisch Maass und Zollgewicht.
11000	Cubikfuss geschnittenes Eichenholz	
1370520	Quadratfuss 2 Zoll starke buchene Bohlen	
46400	Quadratfuss 3 Zoll starke Schallatten	
3060	Pfund Laschen und Schrauben	
43890	Pfund Klammern	
12800	Schachtruthen (S ^o) Bodengewinnung	

Im Laufe des Baues würden:

287445	laufende Fuss Holzwerk zwei- und vierseitig, theils zu behauen theils zu beschneiden,
158400	Stück Pfandkeile anzufertigen,
100000	Stück Treibekeile anzufertigen,
14850	laufende Fuss zu Lehrbogen und
152295	laufende Fuss zu Sparrenzimmer und Böcken abzubinden sein.

Während des ganzen Baues müssen unter Hinzurechnung öfterer Verwendung überhaupt

626600	laufende Fuss Rundholz von definitiver Zimmerung
539200	Quadratfuss Bohlen von definitiver Zimmerung
535600	laufende Fuss Holz von verlorener Zimmerung
1296000	Quadratfuss Bohlen von verlorener Zimmerung
1145600	laufende Fuss behauenes und rundes Holzwerk bei der Mauerung und Auswechselung, abgesehen von der Verschalung der Lehrgerüste; also zusammen:
2307800	laufende Fuss behauenes und rundes Holzwerk
1835200	Quadratfuss Bohlen

aufgestellt (eingebaut), respective herausgenommen, also im Allgemeinen »bewegt« werden.

Diese, durch vorliegende Berechnungen motivirten Zahlen sind nicht allein geeignet, die riesige Vernichtung des Holzes zu documentiren, sondern auch den Wunsch zu erregen, die damit verknüpften oft maasslosen Schwierigkeiten wo möglich zu vereinfachen und im Tunnelbauwesen, welches in einem und demselben Terrain stets gleichen Vorgang erheischt, eine Methode zu erzielen, welche, gepaart mit Einfachheit, nicht allein die Holzvernichtung ausschliesst, sondern auch die von den bisherigen Stützungsmitteln nicht zu trennenden Schwierigkeiten niederwirft und unterjocht.

Dem Geiste des Tunnelbergmannes muss sich also der wahre Fortschritt unseres Faches nicht in der weiteren Vervollkommnung der bekannten Holzbaumethoden, oder aber bloss der wissenschaftlich begründeten Verfechtung einer derselben darstellen, »sondern er muss in der völligen Lossagung vom Holze den Schwerpunkt seines Strebens suchen«.

III.

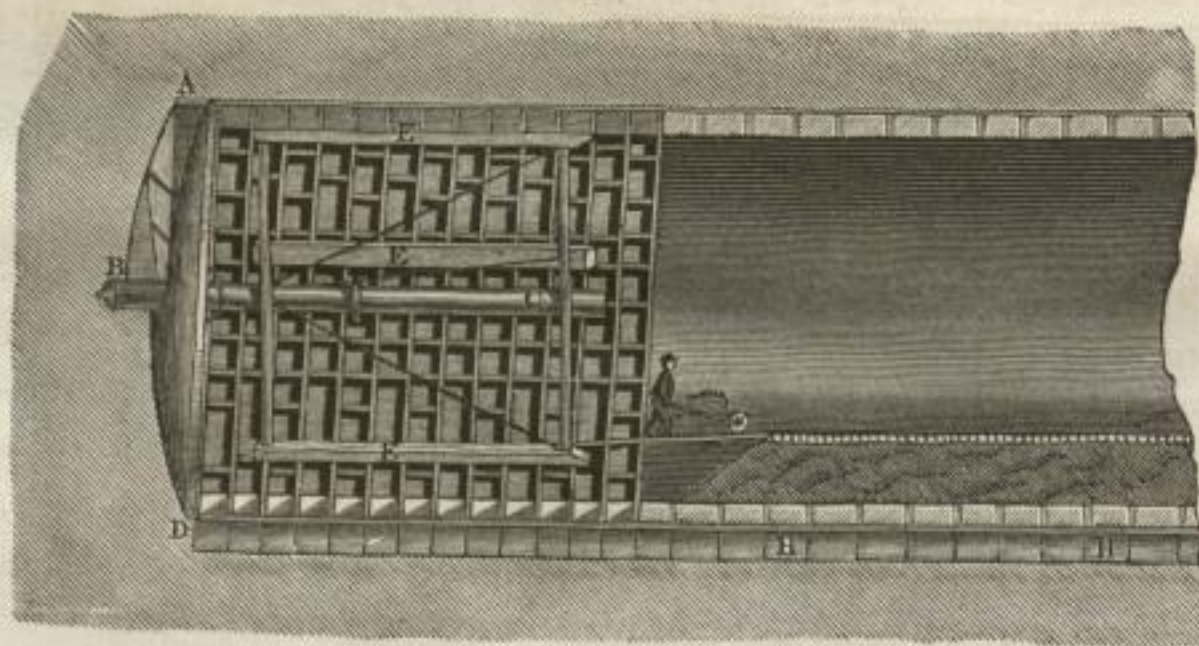
Die Vereinzelung des Themsetunnel-Systemes.

Man hat, weniger gegenüber von Zahlenergebnissen wie die vorigen, als aus Grund der oft ungemein grossen Schwierigkeiten, welche ein durch rolliges oder gar schwimmendes Gebirge zu treibender Tunnelbau verursacht, die Frage aufgeworfen, weshalb unseres Grossmeisters Brunel Themsetunnel-System, das ja mitten durch die höchsten Elementareinflüsse siegreich drang, nicht weitere Anwendung gefunden hat?

Betrachten wir zur Beantwortung dieser Frage in thunlichster Kürze das weltberühmt gewordene System.

Brunel's erstes Vorhaben, den Themsetunnel zu erbauen, bestand, angeregt durch die Betrachtung von Holzbohrwürmern, in einem horizontal wirkenden Bohrer, Fig. 15.

Fig. 15.



Längenschnitt.

Es unterscheidet sich an diesem Instrumente der Bohrkopf ABD mit seiner Spitze B und Schneide AB , dann die horizontale Bohrstange oder Achse CB . Gedreht sollte das Instrument mittelst Schraubenwirkung auf die grösseren Hebelarme E, E, E werden. Für das leichtere Vordringen der Schneide war die Los-

lösung des Bodens durch Menschenkraft vorgedacht, und ist dies durch Fig. 16 verdeutlicht.

Das Sinnreichste dieses Projectes besteht aber darin, dass der Bohrer unter dem Schutze einer eisernen festliegenden Röhre wirkt, die dennoch zum Vorschreiten

eingerrichtet ist. Es besteht nämlich der Cylinder, Fig. 17, aus einzelnen Platten, welche sich spiralförmig aneinander reihen. Schritt die Schneide AB um eine Plattenlänge vor,

Fig. 16.

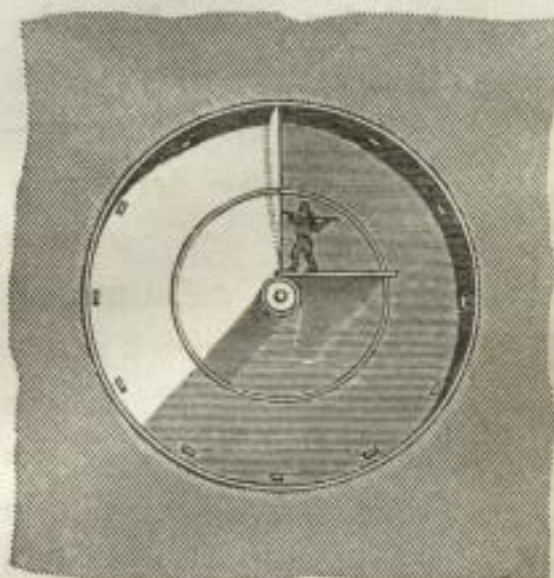


Fig. 17.

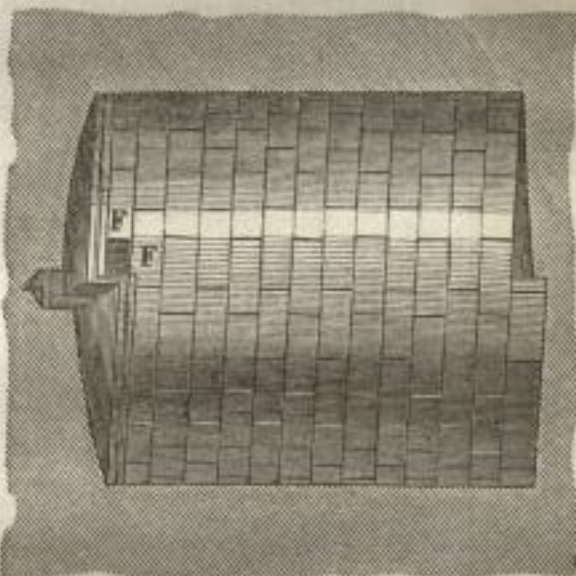
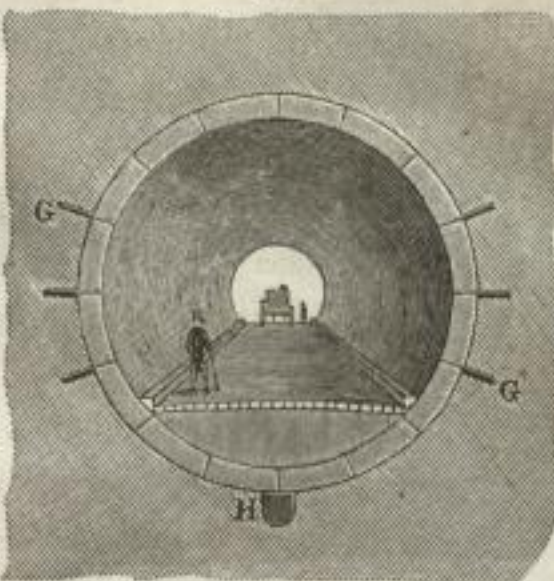


Fig. 18.



das heisst, war das Gebirge in der Fläche einer Platte FF in Fig. 17 freigelegt, so konnte vom anderen Ende des Cylinders, nachdem es dort die Ausmauerung gestattet, eine Platte weggenommen und vorne in FF eingesetzt werden. Die Vorschreitung des schützenden Cylinders besteht also darin, dass man successive seinen hinteren Theil immer nach vorne überträgt. Diese Manipulation hatte auch im Geleite, dass die ringförmige Mauerung, in dem Längenschnitte des Tunnels gedacht, wie es Fig. 15 auch näher vor Augen führt, aus Spiralen bestehen musste. Fig. 18 zeigt einen Querschnitt mit dem Kanale H und den für das Festliegen der Röhre im weichen Boden gedachten Widerstandsstützen G, G .

Wie geistreich und verlockend auch dieser Entwurf war, so mussten doch, der Reibung halber, die grössten Bedenken obwalten und flüchtete sich unseres Meisters Genie zu rein bergmännischen Principien.

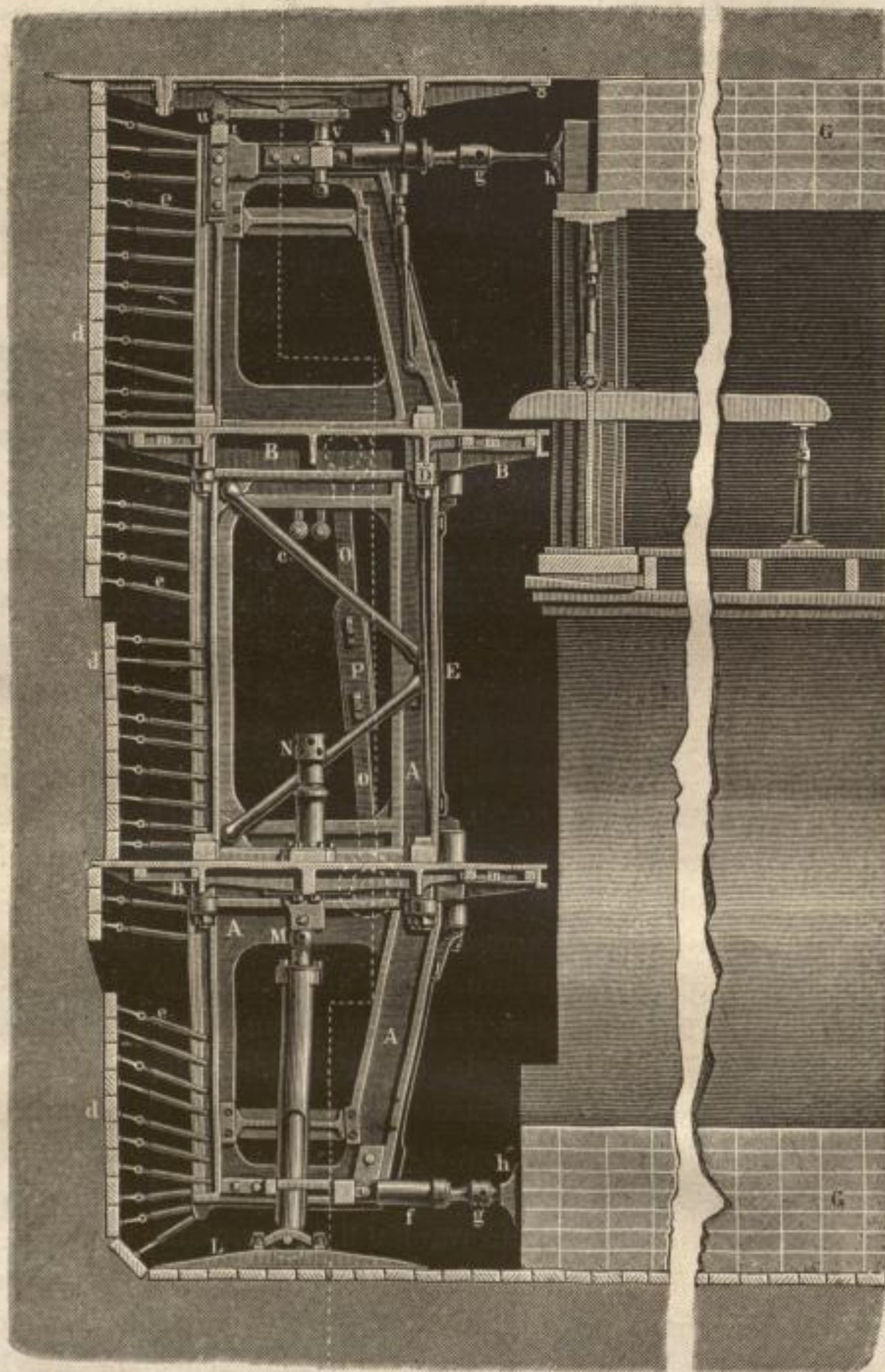
Von dem leitenden Gedanken geführt, dass, weil unter Wasser hinweggehend, nie eine grosse Tunnellänge aufgeschlossen, sondern das zollweise Vorschreiten sofort durch einen entsprechenden Ring von Mauerwerk ersetzt werden müsse, entwarf Brunel folgende Methode. Er construirte ein anfänglich hölzernes, später eisernes Gerüst und stützte darauf die längs dem Querprofilumfang des Baues sich dicht aneinander reihenden Pfähle an deren vorderem Ende. Das rückwärtige Ende dieser Pfähle ruhte auf dem Mauerwerke. Der Brustverzug stützte sich ebenfalls auf dies Gerüst. Nun ging Brunel der Art vor, dass er die First- und Seitenpfähle mit Schrauben in das Gebirge hineinschob. Sodann wurden die Brustpfähle um ebensoviel durch Herausnehmen des Gebirges und weiteres Vorwärtslegen vorgedrängt. Jetzt wurde das besagte Gerüst in dem gewonnenen Raume ebenfalls durch Schraubenvorrichtung um so viel vorgeschoben, als die Brust vorgedrängt war. Schliesslich wurde rückwärts

unter dem Schutze der mit den Enden noch immer auf dem Mauerwerke liegenden First- und Seitenpfähle ein neuer Mauerring aufgeführt. So wiederholte sich die Proce-
dur in Längen von immer sechs Zoll. Es ist leicht denkbar, dass bei der Bemüssigung des dichten Anschlusses der Pfähle untereinander während des Vortriebes, bei der

Abhängigkeit der Stützung der Umfangs- und Brustpfähle vom Gerüste aus, bei der Grösse des Druckes und bei der Bewegbarkeit des erwähnten Gerüsts eine ausserordentliche Complicirt-heit der ganzen Vorrichtung nöthig ward.

Fig. 19.

(Längenschnitt.)



0 1 2 3 4 5 engl. Fss.
Themsetunnel-System.

ordentliche Complicirt-heit der ganzen Vorrichtung nöthig ward.

Wir müssen nun bemerken, dass der Brustvortrieb der ganzen Stossfläche nicht mit einem Male vor sich gehen konnte, so wie, dass es nicht möglich gewesen wäre, das mehrerwähnte Gerüst mit einem Male vorzuschrauben. Brunel theilte deshalb das Gerüst in 12 Rahmen, deren jeder drei übereinander lagernde Räume, sogenannte »Zellen« barg. Hierdurch war auch der Ortsstoss in 36 Partien oder Felder getrennt, und konnte die gesammte Brust mit 36 Mann belegt werden. Fig. 19 zeigt uns einen solchen Rahmen mit den drei übereinander liegenden Zellen im Durchschnitte, Fig. 20 eine Ansicht von drei nebeneinander stehenden Rahmen, also von 9 Zellen.

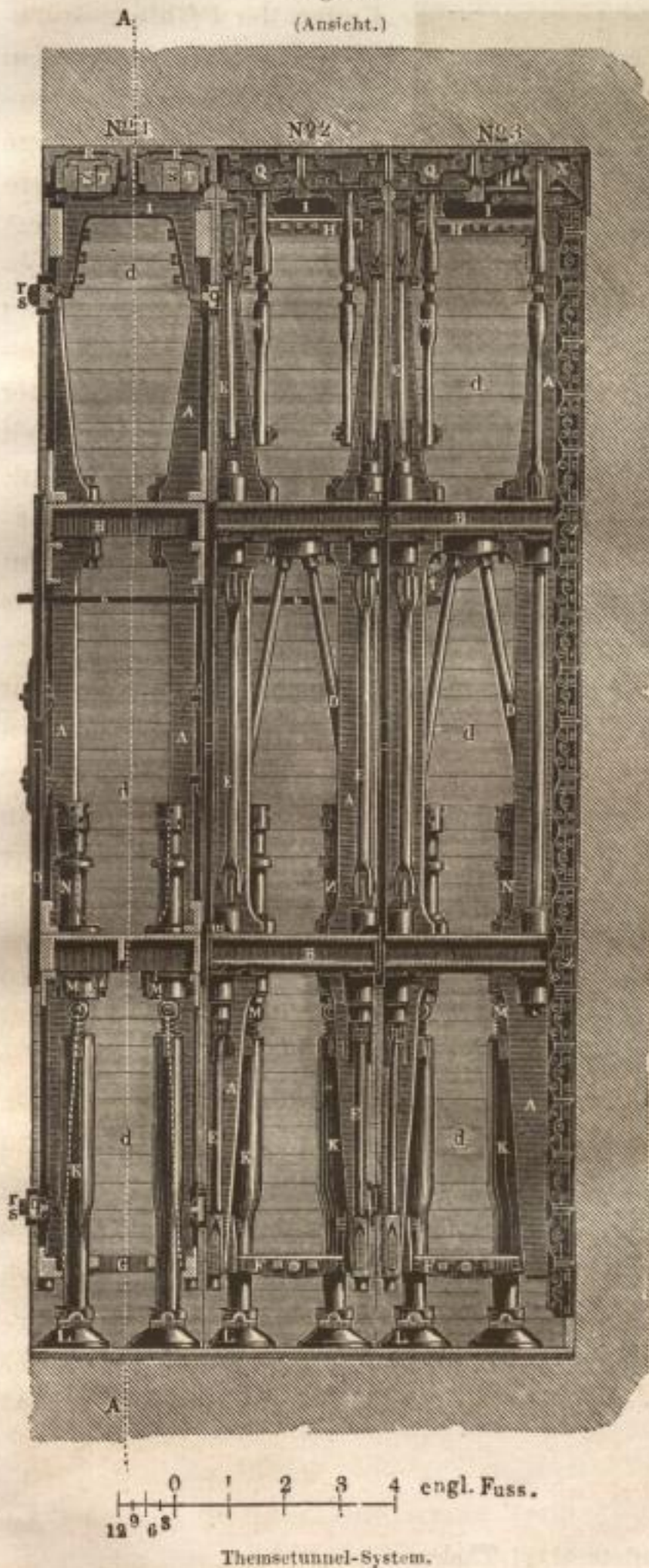
Die Arbeit wurde damit begonnen, dass man die Firstenpfähle *Q* mittelst Schrauben, welche rückwärts gegen das Mauerwerk wirkten (die

jedoch in der Figur fehlen), ins Gebirge eintrieb, dabei die Schraube *V* lüftete, während die Gelenkstütungen *W* und *S* die Gebirgslast abhielten. Waren dieser Weise die

Firstpfähle um 6 Zoll vorgetrieben, so nahm man von jeder Zelle das oberste Orts-Zumachebrett heraus, hieb 6 Zoll Boden weg, legte das Brustbrett *d* vor die neue Brust,

Fig. 20.

(Ansicht.)



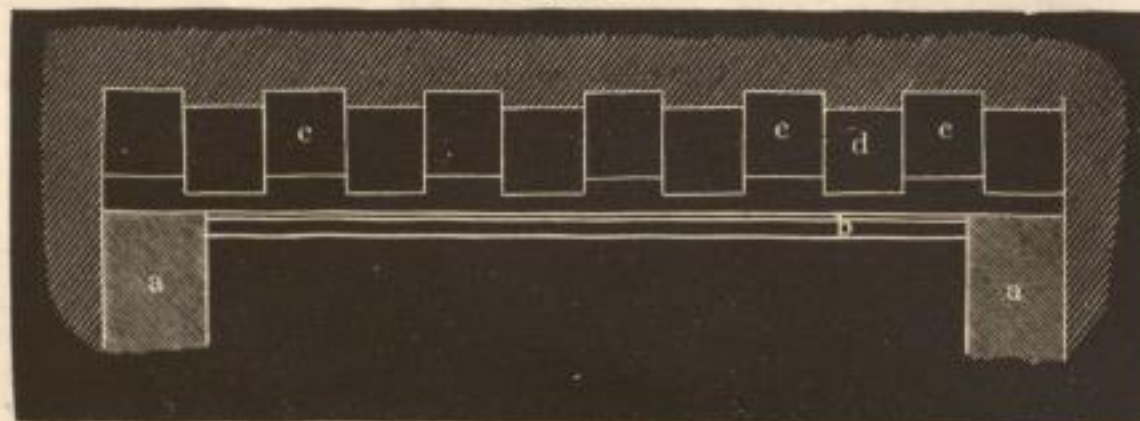
und bolzte es mit den eisernen Stützen *e* gegen die Zellenwände. So wurde, Stück um Stück, mit den Zumachebrettern verfahren, bis schliesslich die ganze Brust des Rahmens vorgedrängt war. Nun handelte es sich um das Nachschieben der Rahmen. Dieselben lagen wie 12 Bücher in einem Schranke nebeneinander und wurden einzelweise und abwechselnd vorgeschoben. War nämlich im Grundrisse, Fig. 21, der Rahmen *d* vorzuschieben, so wurden die betreffenden Ortsbretter mittlererweile auf die angrenzenden Zellen der Rahmen *cc* abgebolzt. Dergestalt hatte allerdings der Rahmen nach vorne hin Spielraum, allein es stemmten sich gegen das Vorschieben nunmehr die Reibung der Rahmen untereinander, so wie die Firstenlast. Diese Widerstände besiegte Brunel durch Kugelgelenke, Schrauben, Frictionsapparate und Hängeeisen.

Er hing nämlich den vorzuschiebenden Rahmen (*d* Fig. 21) auf die beiden nebenstehenden (*cc*), und bewerkstelligte dies durch die mit Keilen verlängerbaren Hängeeisen *OPO* (Fig. 19), welche auf Zapfen griffen, die jeder Rahmen besass. Nun konnten die jedem Rahmen zugehörenden beiden Füße *KK* (Fig. 19 und 20) (welche den Rahmen bislang getragen hatten) mittelst der Schraube *N* gelöst werden. Der Schuh *L* wurde gleich einem ausschreitenden Fusse vorgeschoben, die vorgenannten Hängeeisen fanden nunmehr ihre Lüftung, und konnte nun der gesamte

Rahmen durch die Kugelgelenke des Fusses, so wie in der Firste nach Lüftung von *V* durch die Gelenkstange *W* und das Gelenke bei *S*, unter Anwendung von Schrauben,

die sich gegen das rückwärtige Mauerwerk stemmten, um die betreffenden 6 Zolle nach und nach vorgetrieben werden. Nach erfolgtem Vortriebe der ganzen Brust ergab sich

Fig. 21.



a Widerlager. b Lehrbogen.

rückwärts ein durch die Enden der Pfähle gestützter freier Raum, in welchem mit thunlichster Beschleunigung ein 6 Zoll Länge messender Ring des Mauerwerkes nachgefügt wurde.

Diese flüchtige Beschreibung der Methode eines Baues, welcher an Kühn-

heit noch immer seines Gleichen sucht, und welcher seinen Herrn an dem Grossmeister unseres Faches fand, diese Beschreibung dürfte schon genügen, um die Complicirtheit des gesammten Vorganges darzuthun. Brunel musste, weil unter Wasser weggehend, ganz kleine Längsstücke aufschneiden, um dem Eindringen des Flusses die geringstmögliche Fläche zu bieten. Dadurch wird aber der Bau ausserordentlich verlangsamt und vertheuert *). Rechnen wir nun noch die theuere Beschaffung des Apparates, die Schwierigkeit, den aus der Richtung gerathenen Schild wieder in die gehörige Vorschreitelage zu bringen, dann die Bedingung hinzu, dass das Themsetunnel-System für den ganzen Bau ein ziemlich gleichartiges Gebirge erheischt und auf die von unseren Tunnelprofilen so weit abweichende Vierecksform angewiesen ist: so finden wir es erklärlich, dass Brunel's Methode bei unseren Strassen-, Kanal- und Eisenbahntunneln keine weitere Anwendung gefunden hat, da wir beim Baue derselben einmal der ausserordentlichen Sicherheit gegen das Eindringen übertägiger Wasser nicht benöthigen, andererseits aber rascher und billiger mit unseren Holzbaumethoden zum Ziele gelangen können. Aus diesen Gründen ist auch der Versuch weiterer Anwendung des in Rede stehenden Bausystems bei dem Tunnel von Charleroy vereinzelt geblieben und auch selbst da wieder fallen gelassen worden.

Wenn uns also das Themsetunnel-System mit dem Principe eines eisernen Vorrückungsschildes auch nicht durch sein Wiederaufgreifen den Fortschritt in unserem Fache darzubieten vermag, so muss von diesem Systeme doch constatirt werden, dass es zu einer Zeit entstand, wo man Tunnelbauten so zu sagen noch gar nicht kannte, und dass es sofort sich nicht allein in den ärgsten Fall unserer Wissenschaft wagte, sondern auch gleich die richtigsten bergmännischen Grundsätze der Getriebezimmerung verfolgte; auch ein Material gebrauchte, welches mehr als 30 Jahre hindurch, trotz des mächtigen Fingerzeiges dahin, ausgeschlossen blieb bei ferneren unterirdischen Wegebauten.

*) Die laufende Ruthe preussisch Maass kostete 31224 Thaler.

IV.

Die neue Tunnel-Baumethode.

Auch wenn wir durch den Bau des Themsetunnels keine Anregung finden würden, liegt der Gedanke der Lossagung vom Holze und der »Anwendung des Eisens« bei Tunnelbauten recht nahe.

Angeregt wird dieser Gedanke durch das Factum einer ausserordentlich bedeutenden Holzvernichtung, und durch den Umstand des stets gleichartigen Vorschreitens im Gebirge. Die stete Wiederkehr der einmal angenommenen Ausbauweise ruft den Wunsch wach, eine Methode zu besitzen, welche auf relativ unabnutzbares Material basirt ist und mit jedem Schritte vorwärts gleiche Dienstleistung bezweckt.

Ueberblicken wir, um bei einer neuen Methode überhaupt die Befolgung richtiger Bergbauregeln zu wahren, die Bergzimmerkunst, so haben wir vor allem die Bemerkung zu machen, dass der gewöhnliche »Stollenbau« (Fig. 22 auf umstehender Seite) der einfachste Vorgang beim Ausbaue eines unterirdischen Raumes ist.

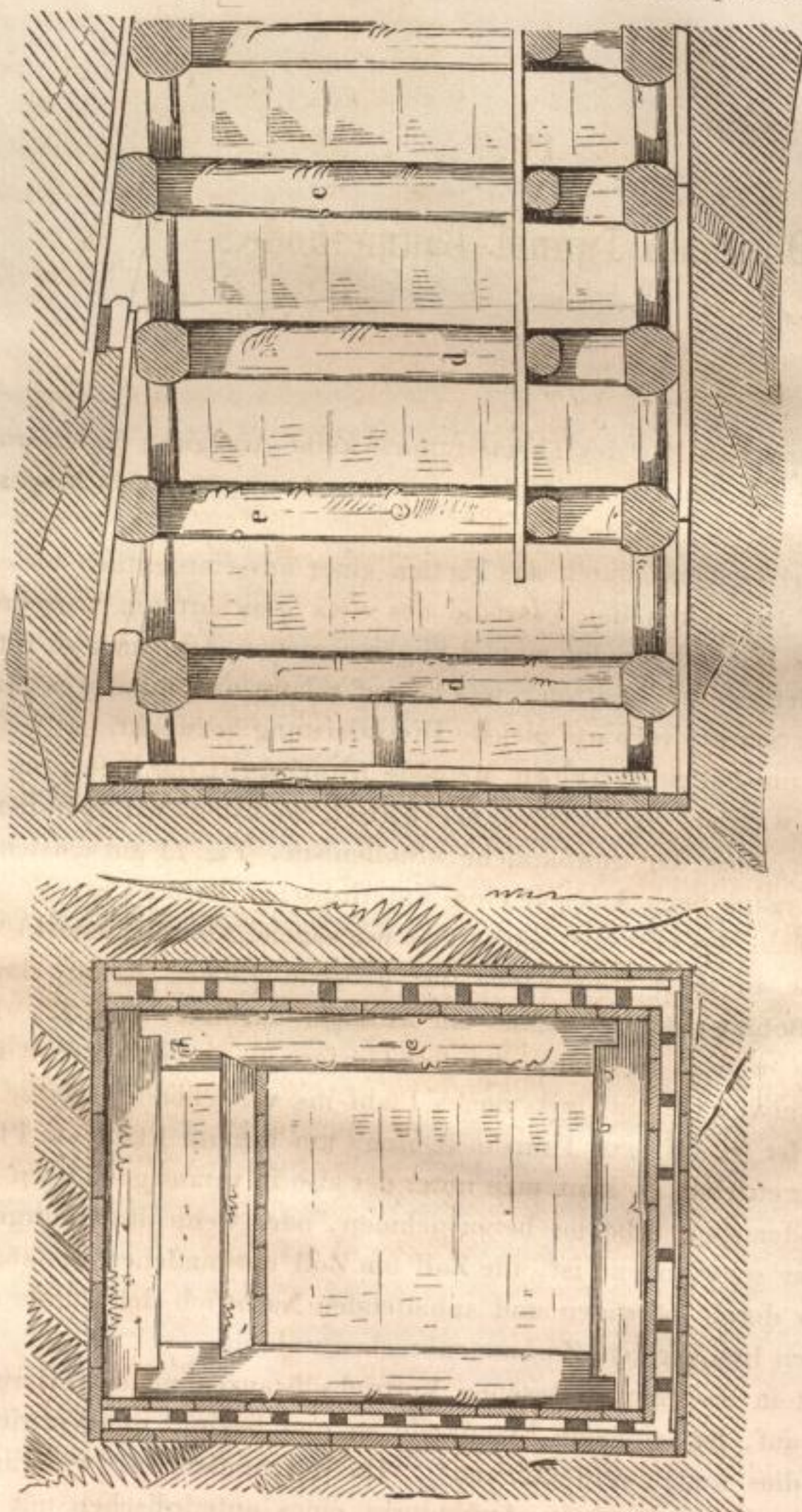
Das Stollenrahmstück, das Geviere, oder, wie wir sagen, »der Thürstock« bildet eine Spreizung, welche in ihrer Innenfläche den grösstmöglichen Raum, und den ringsum anliegenden Bohlen oder »Pfählen« ein Auflager darbietet (Fig. 22). Durch sogenannte »Pfandkeile« werden die Pfähle von dem Geviere um so viel entfernt gehalten, als Zwischenraum nöthig ist, um einen neuen Pfahl ins vorstehende Gebirge »einstecken« zu können. Ist so auf dem Thürstocke rings um liegend Pfahl um Pfahl in einzelnen Absätzen vorgetrieben, so kann man unter der also in voraus gebildeten Decke und Wandung den Boden ganz schadlos herausnehmen, oder wenn das Gebirge eben nicht absolut rollig oder schwimmend ist, die Zoll um Zoll entstandenen Umfänge des unterirdischen Raumes durch sofortigen und anhaltenden Nachtrieb der Pfähle unterstützen, also den offenen Bau vor dem Zusammenbrechen wahren.

Man stellt zuletzt in bestimmt gewesenen Vortriebsdistanzen neue Geviere unter die Enden der Pfähle auf, legt ringsum Pfandkeile an und beginnt den Vortrieb aufs Neue. Fig. 23 wird dies weiter verdeutlichen*). Da der Stollenbau, wie Eingangs erwähnt, das einfachste Verfahren beim Aufschlusse eines unterirdischen mit Druck

*) Dieser Gegenstand wurde in dem Aufsätze über Getriebezimmerung in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1858, des Breiteren beleuchtet.

belasteten Raumes ist, so würde also dasselbe Verfahren, bei grösserem Profile angewendet, ebenfalls das einfachste sein müssen, das heisst: könnte man ein Stollengeviere von der Grösse des Tunnelprofiles anwenden, so würde

Fig. 22.
Der bergmännische Stollenbau.



Längenschnitt.

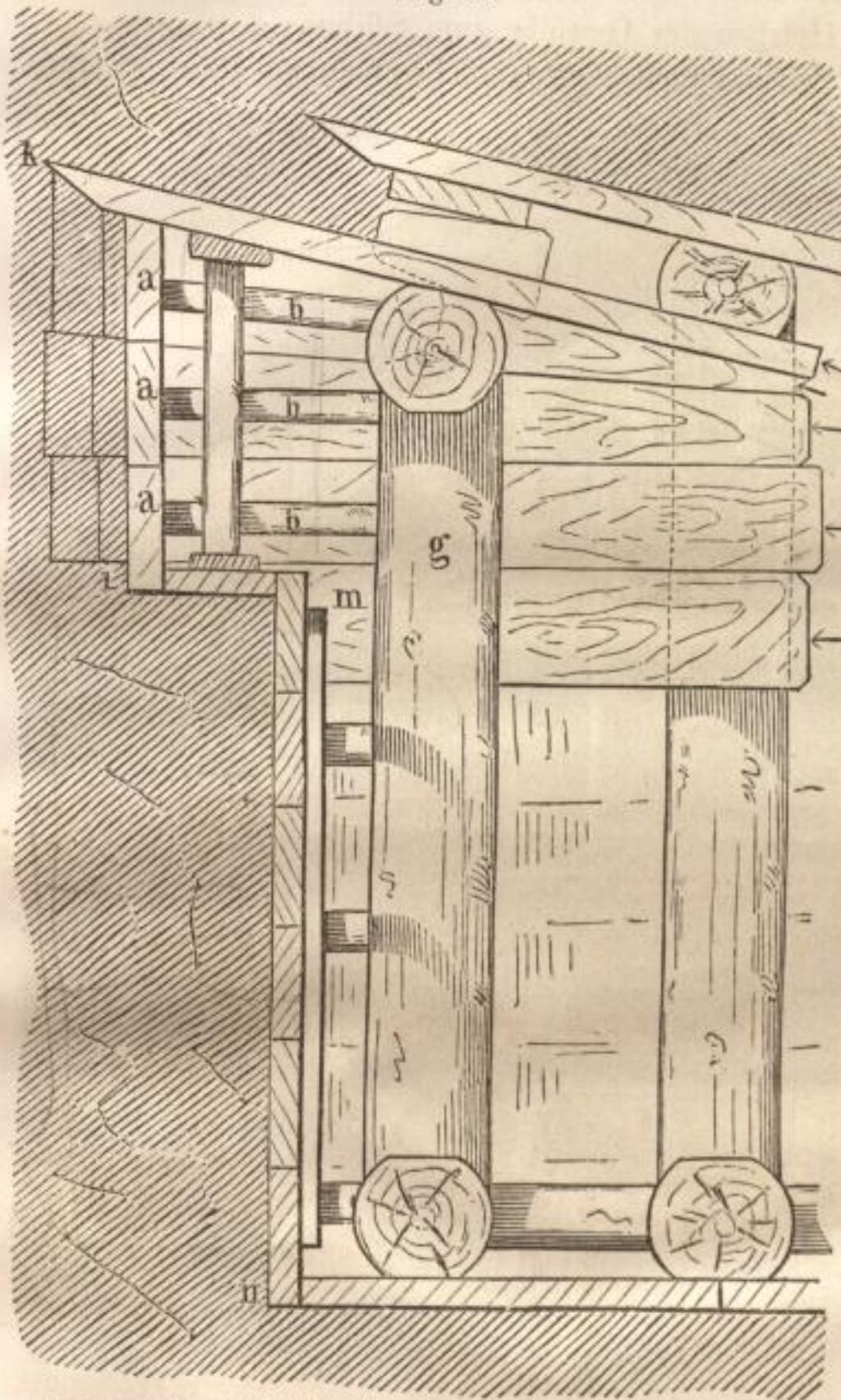
Querschnitt.

dies die beste Abbau-methode sein. Indess geht dies mit Holz nicht an, da Holz in den dann nöthigen Dimensionen nicht zu bekommen ist. Ja, wenn dies auch der Fall wäre, so würde das Gewicht dieser Hölzer und ihre Unbeholfenheit so gross sein, dass sie im engen Raume nicht zu handtiren wären; auch würde schliesslich ein viereckiger Rahmen zu sehr in seinen Ecken von der Rundung des Tunnelprofiles abweichen, zu viel Bodenaushieb und dadurch zu viel Hintermauerung erheischen. Man könnte allerdings das Holzgeviere in einen gerundeten Holzrahmen umwandeln, allein dieser würde nur bei grosser Unbeholfenheit die nöthige Stützkraft bieten, ausserdem zu leicht zerbrochen und abgenützt werden. —

Was hindert uns aber, den grossen Stollenrahmen aus Eisen zu machen?

Des Eisens Festigkeit beansprucht keine so grossen Dimensionen als das Holz, und seine Formbarkeit gewährt die Anschmiegung an das abgerundete Tunnelprofil!

Halten wir nach dieser höchst einfachen Eröffnung Rückschau auf unsere Tunnel-Holzbaumethoden. Jede dieser Bauweisen muss sich mit grossem Zeit- und Holzaufwande bemühen, zuerst für die einzelnen definitiven Zimmerungstheile kleine Räume provisorisch in Holz zu setzen. Steht dann schliesslich die eigentliche Zimmerung vollendet da, so dient sie mit dem nöthigen Ueberschusse für die Wölbung nur dazu, um Platz zu haben für die Aufstellung der Lehrbögen. Beginnt nun die Mauerung, so fängt die definitive Zimmerung an aufzuhören. Die Hölzer müssen entfernt werden und das Bockgestelle muss, wie Fig. 13 erweist, schliesslich die ganze Last des Gebirges, vermehrt um das Gewicht der ungeschlossenen Mauerung, abhalten, also noch mehr tragen wie die Böhlung. Wir sehen daraus, dass, so zu sagen, nur für die Aufstellung des Bockgestelles eine ungeheure Arbeit, die »Böhlung«, gethan werden muss, eine Arbeit, welche bei der Mauerung wieder der Vernichtung anheimfällt.



Der Einbruch beim Stollenbau in rolligem und schwimmendem Gebirge.

also die Böhlung sparen zu können?»

»Gehen wir nun noch weiter und wenden wir das Bockgestelle als grossen Stollenrahmen an: so ist der Tunnelbau fortan höchst einfach und hoffentlich ein gutes Stück vorwärts gebracht.«

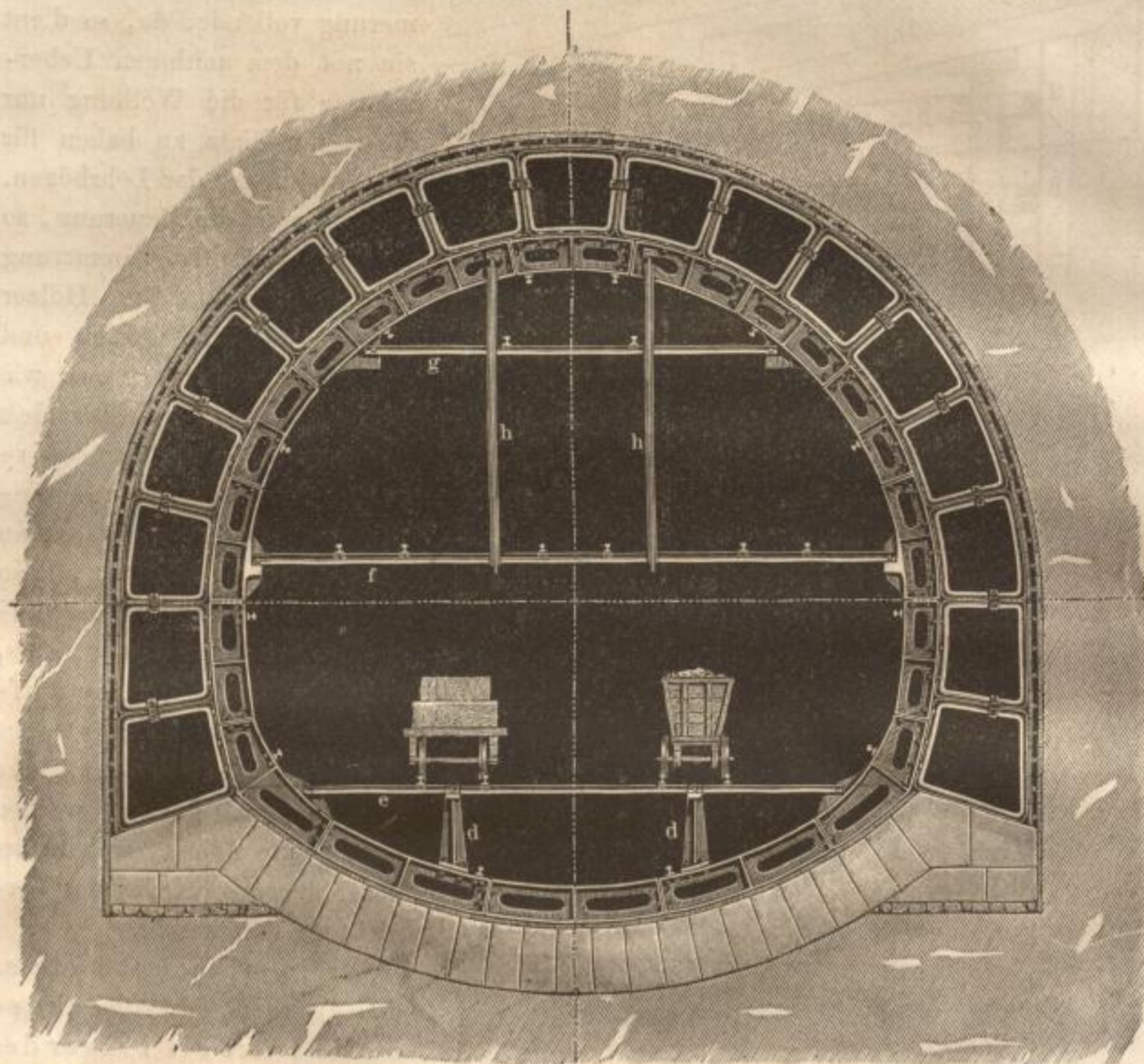
Diese Idee und Combination ist bei meiner vorliegenden neuen Methode verfolgt:

»Ein eiserner Lehrbogen wird als Hauptträger aufgestellt. Auf demselben ist ein zweiter, aus kleinen Rahmen bestehender Kranz ringsum gut befestigt. Dieser Apparat bildet zusammen den mehr-

»erwähnten Stollenrahmen. Will man auf dem Lehrbogen mauern, so nimmt man nach Maassgabe der Aufmauerung immer einen kleinen Rahmen jenes Kranzes weg, fügt statt dessen die Steine ein und bringt so ohne Holzbau das Gewölbe zum Schlusse.«

Fig. 24 führt uns diesen Stollenrahmen oder nunmehr präciser: diesen eisernen »Tunnelrahmen« vor Augen.

Fig. 24.



Der eiserne Tunnelrahmen.

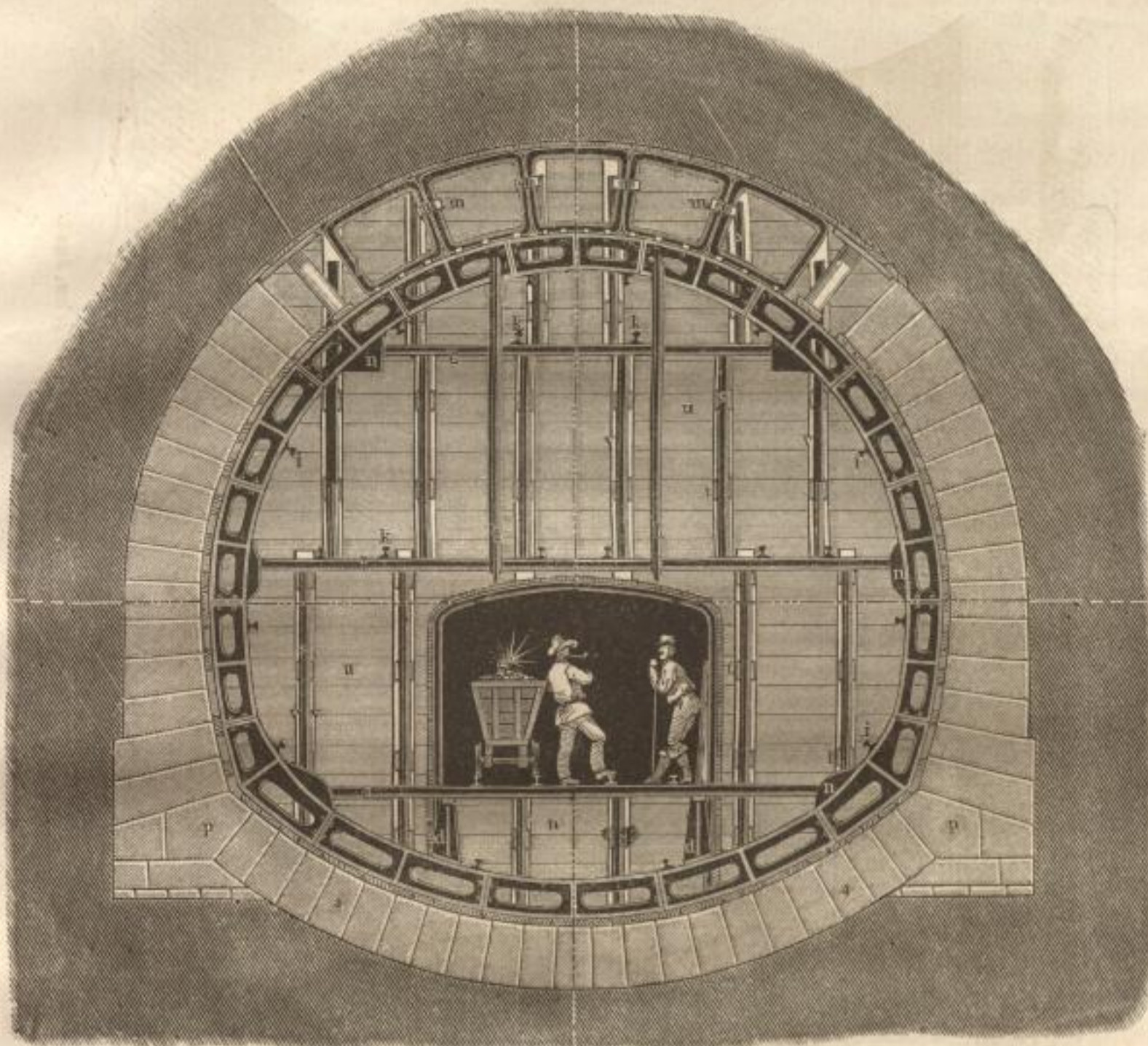
Er besteht, wie vorhin erwähnt, aus einem eisernen Lehrbogen, über welchem ein Kranz viereckiger »Auswechselrahmen« befestigt ist. Der Sohlentheil des Lehrbogens dient dem »Tunnelrahmen« als Auflager, und ist zu ersehen, wie letzterer die gesammte Gebirgslast durch Vermittelung der Verpfählung trägt.

Fig. 25 lässt genugsam die Tendenz der Combination des Lehrbogens und der Kranzrahmen erkennen, da aus dieser Figur ersichtlich ist, wie die Mauerung auf dem Lehrbogen dadurch vorschreitet, dass man einen Kranzrahmen nach dem anderen wegnimmt und die Steine einfügt.

Führen wir nun noch Fig. 26 (auf Seite 30), welche das zu den beiden vorstehenden Querprofilen gehörige Längenprofil darstellt, vor: so ist mit diesen drei Abbildungen die Wesenheit meiner neuen Baumethode gekennzeichnet.

In Fig. 24 sind drei horizontale Eisenträger *e, f, g* bemerkbar. Diese Träger habe ich aus alten Bahnschienen gewählt, und dienen sie nur zu den nöthigen Rüstungen.

Fig. 25.



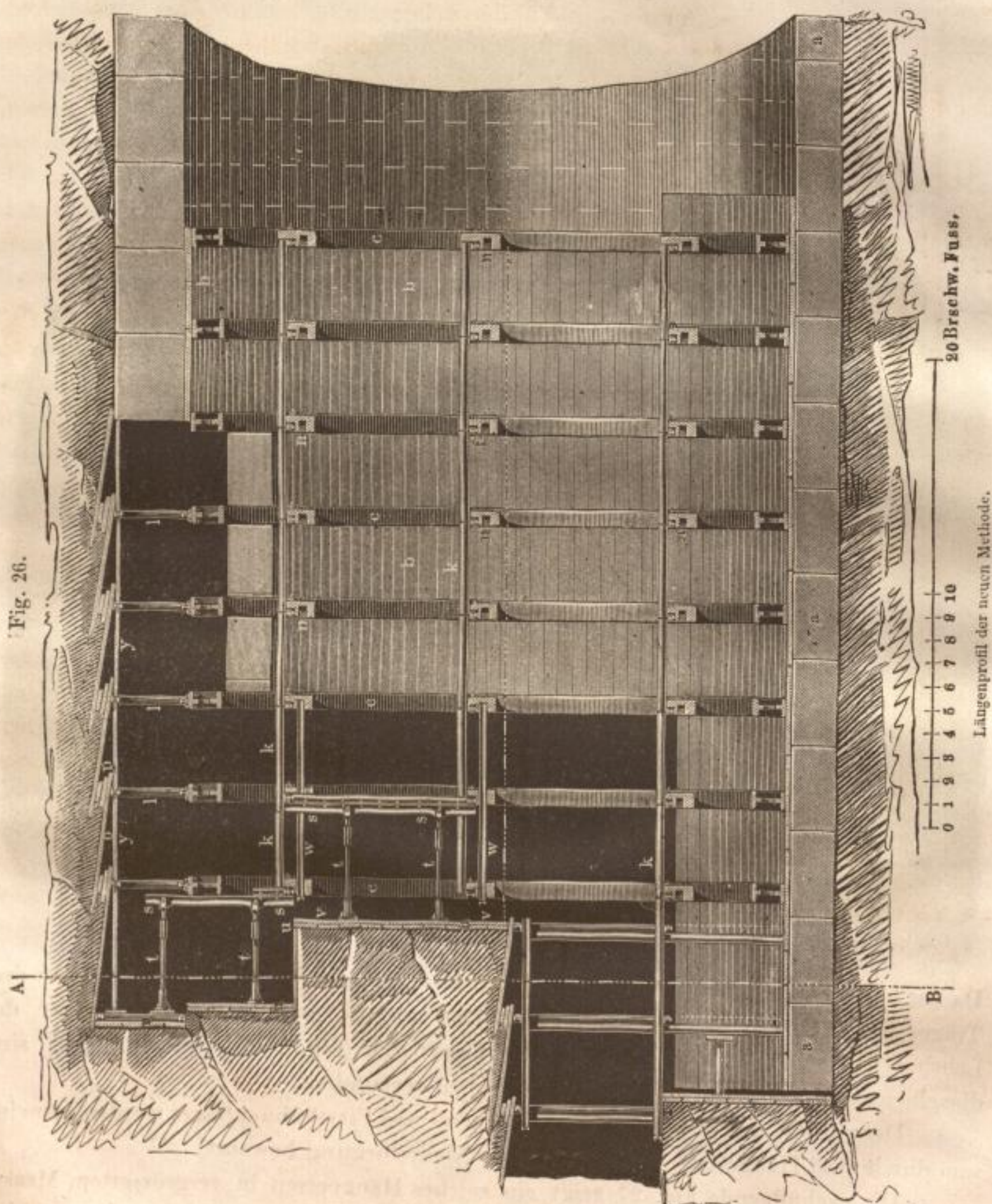
Vorgang der Mauerung.

Da wir letztere in der Bergmannssprache »Bühnen« nennen, so wählte ich für diese drei Träger die Bezeichnung »Bühnenträger«. Der unterste wird vom Sohlenstücke des Lehrbogens aus durch zwei »Bühnenträgerfüsse« *d, d* (Fig. 24) unterstützt, und sind dieselben mit den Bogentheilen durch Schrauben verbunden.

Der mittlere und oberste oder der Kämpfer- und Firstbühnenträger werden gemeinsam durch zwei Hängeseisen *h h* (Fig. 24) vor Niederbiegung bewahrt.

Die nachfolgende Fig. 27 zeigt ein solches Hängeseisen in vergrößertem Maassstabe, und ist ersichtlich, wie es sich oben in die Oeffnung des Bogenquerschnittes einhängt, daselbst durch einen Holzkeil versichert wird und unten zur Aufnahme des

Kämpferbühnenträgers sich einfach umbiegt. Der Firstbühnenträger wird durch eine angenietete »Knagge« getragen. Die Hängeeisen sind wie die Bühnenträger aus alten Bahnschienen gewählt, und werden die ersteren mit den letzteren durch Schrauben verbunden. Diese gehen durch den Hals der Bühnenträgerschiene und durch den Fuss der Hängeeisenschiene.



Bei Gelegenheit der Vorführung von Fig. 24 wurde gesagt, dass der Tunnelrahmen aus einem Lehrbogen und aus einem daraufgeschraubten Kranze von kleinen viereckigen

Rahmstücken bestände. Diese letzteren, in Figur 25 mit *l* bezeichneten Rahmstücke vermitteln die Uebertragung der Gebirgslast auf die Lehrbogen; sie leisten

Fig. 27. also den Dienst jener Hölzer, welche bei den Tunnel-Holzbaumethoden dann erst eingebaut werden können, wenn der ganze Raum durch die Gespärre ausgezimpert ist und diese Gespärre wieder bei der Mauerung entfernt oder »ausgewechselt« werden. Mit anderen Worten: es repräsentiren diese Rahmstücke die »Auswechselhölzer« der bisherigen Baumethoden. Ich habe aus diesem Grunde für sie den Namen »Auswechselrahmen« angenommen.

Der Lehrbogen und der Kranz der Auswechselrahmen, die zusammen den »Tunnelrahmen« bilden, stellt unser altes Holzgespärre (confr. beispielsweise Fig. 3 und 4) vor.

Damit die Auswechselrahmen unter sich eine Vereinigung haben, nach keiner Seite hin verschoben werden können und so zur Selbstständigkeit einer eigenen und zur Tragfähigkeit des Ganzen beitragenden Bogenform gelangen können; damit ferner bei der Entfernung der unteren Rahmen die oberen vorläufig stehen bleibenden noch Zusammenhang besitzen: so sind diese Auswechselrahmen unter einander durch Schellen *m* in Fig. 24 und 25 gekuppelt. Zu den Auswechselrahmen wurden ebenfalls alte Bahnschienen gewählt. Schmiede- oder Walzeisen ist für sie in allen Fällen nöthig, da sie vermöge ihrer Tendenz oft herausgenommen, hingelegt und wieder eingebaut werden müssen, also leicht Stösse erleiden oder von den Gerüsten herabfallen können. Auch rechtfertigt sich die Ausschlüssung von Gusseisen für diese Stücke dadurch, dass ein örtlicher ungleichförmiger Druck nicht selten auf einzelne Stücke und zwar direct wirken kann.

Wie aus der umstehenden Fig. 28 zu ersehen ist, sind die Auswechselrahmen *l* auf die Bogentheile mittelst Hakenschrauben in derselben Weise befestigt, wie es mit den Bahnschienen des jetzt gebräuchlichen Eisenbahn-Oberbaues der Fall ist. Nur sind diese Schrauben mit recht breiten Köpfen oder Haken zu construiren.

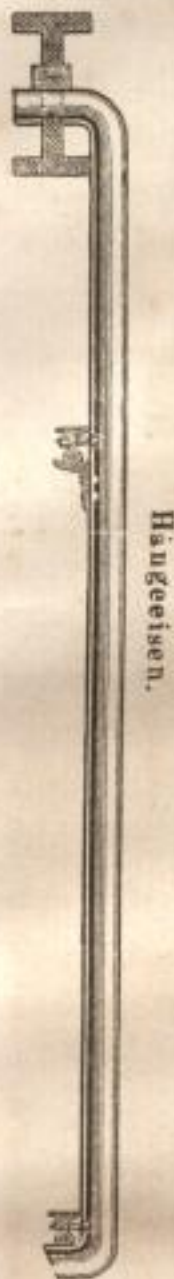
Es erzeugen diese Hakenschrauben, ferner die grosse Gebirgslast, welche meist auf den einzelnen Wechselrahmen wirkt, eine solche Reibung, dass ein Gleiten der Rahmen im Allgemeinen dann nicht anzunehmen ist, wenn bei der Mauerung untere Rahmen weggenommen, also dem Rahmenkranze die Fusspunkte geraubt werden. Es muss daher gleich an dieser Stelle bemerkt werden, dass die »Schellen« *m* in Fig. 24 und 25 hauptsächlich nur gegen Verschiebbarkeit nach der Richtung des Tunnels anzuwenden sind.

Um nun den eigentlichen Bauvorgang bei der neuen Methode zu verfolgen, sind die einzelnen Stadien ihrer Reihe nach zu betrachten.

Dem Ausbaue des vollen Profiles eilt in der Regel ein »Sohlenstollen« voraus.

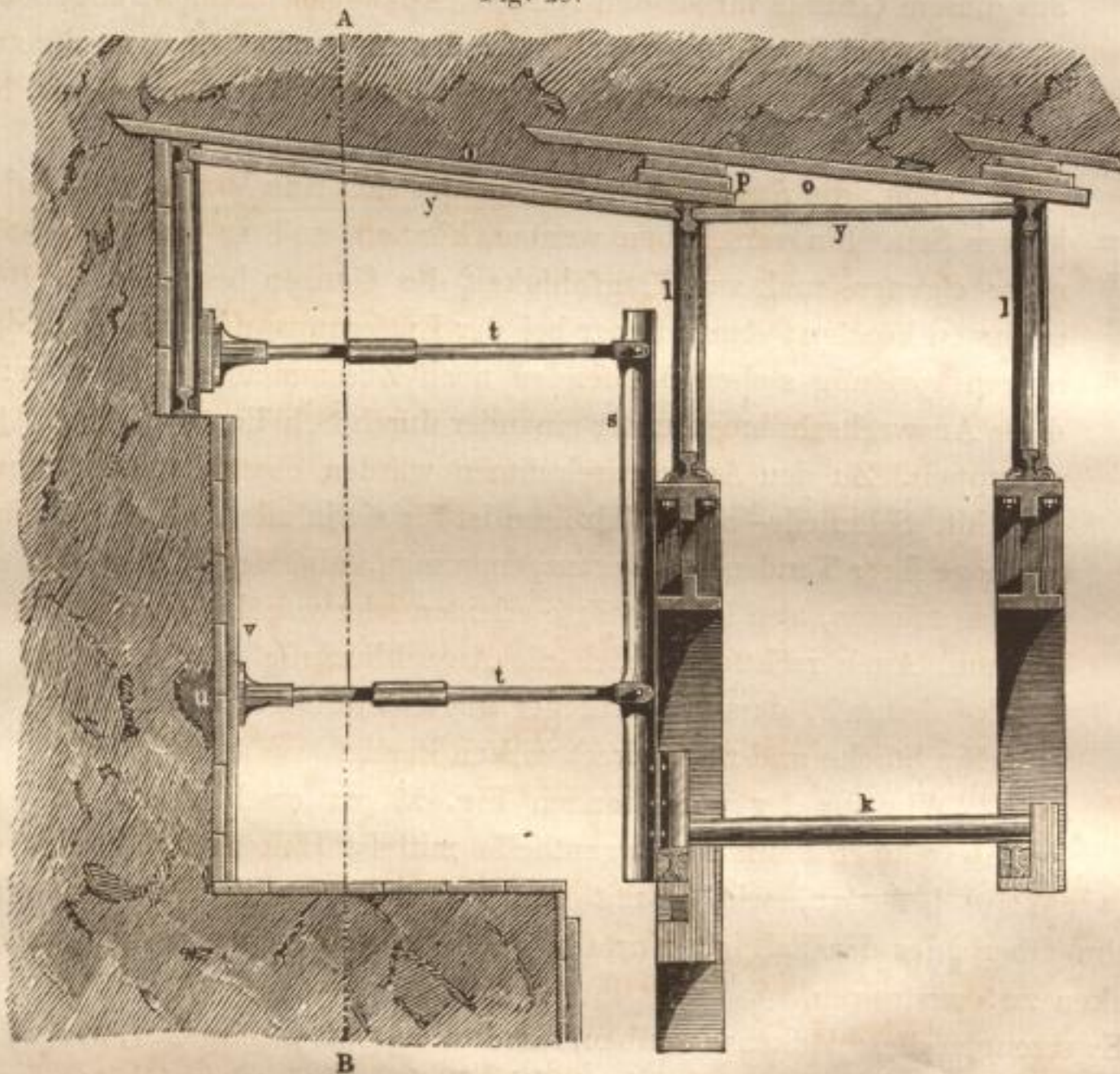
Es ist dem neueren Standpunkte unseres Faches gemäss, mit der nur thunlichsten Beschleunigung durch die ganze Tunnellänge einen Stollen zu schlagen und denselben auf die Sohle und zwar in die Mittellinie des Baues zu legen. Man erreicht durch diese Fundamentaldisposition:

1. die zweckmässigste Ventilation des ganzen Baues;



2. die billigste Wasserlösung;
3. die Trockenlegung nassen Gebirges;
4. die Controle der Richtung und Höhe;
5. die Kenntniss der durchzufahrenden Gebirgsarten;
6. die Gelegenheit zu beliebig vielen Angriffspunkten;
7. die Möglichkeit einer concentrirten Aufsicht des Baues.

Fig. 28.



Sollen diese Zwecke, namentlich aber die ad 6. erwähnte Absicht erreicht werden, so ist es wegen frequenterer Förderung der Berge und Transportirung von Baumaterialien nöthig, dass der Sohlenstollen eine Breite für zwei Geleise erhält. Nimmt man dabei selbst die kleinsten Fördergefässe in Rücksicht, so erhält die Kappe der Auszimmerung eines derlei Sohlenstollens doch schon eine solche Länge, dass sie ohne Unterstützung in der Mitte nicht bleiben kann. Hierdurch tritt die Bedingung auf, dass man die Mitte des Sohlenstollens halber der Richtungsoperationen nicht in die Mitte des Tunnels genau legen kann, und hat diese Lage mancherlei Unannehmlichkeiten. Da ausserdem im Falle druckreichen Gebirges die Zimmerung des Sohlenstollens sehr stark in Anspruch genommen wird und selten durch die ganze Bauzeit ohne Ersatz aushält, so ist die Verwendung von eisernen Stollengevieren ein recht dringendes Bedürfniss. Die in Fig. 25 angedeutete Form ist bereits in Naensen und Ippensen zur Anwendung gelangt, stellt

sich nicht theurer als Holzzimmerung heraus und gewährt ausserordentliche Vortheile. Die Geviere werden aus zwei alten Bahnschienen gekrümmt, erhalten in der Firste eine Ausbiegung von circa 14 Fuss Radius und werden die beiden Theile in der Mitte der »Ulmen« (Seitenwände) durch gewöhnliche Bahnlaschen gekuppelt.

Da der Sohlenstollen nur eine Vorbereitungsarbeit für den übrigen Profilausbau repräsentirt und er bei jeder Baumethode angewendet werden kann, so ist er selbstredend kein Bestandtheil einer neuen Methode, sondern es geschieht hier seiner nur um dessentwillen Erwähnung, weil die Art, ihn mit Eisen zu stützen, neu ist.

Uebergehend zur eigentlichen Baumethode, haben wir vor allem zu bemerken, dass dieselbe scheibenförmig vordringt und demgemäss das volle Profil aushebt und stützt. Wie beim gewöhnlichen Grubenstollen, Fig. 23, der unterirdische Bau durch fortgesetztes Vorstellen von Thüerstöcken oder Stollenrahmen stattfindet, so ist es auch bei der neuen Methode der Fall. Es wird eine über das volle Tunnelprofil ragende Scheibe abgegraben und ein neuer »Tunnelrahmen« zur Unterstützung der Pfähle hingebaut, nachdem man zuvor diesen Rahmen hinten unter dem schon geschlossenen Gewölbe herausgenommen hat.

Wenn nun vor die senkrechte Profilwand, vor das Feldort oder vor die »Brust« ein neuer Tunnelrahmen gestellt ist, so erfolgt der erste Angriff des Abbaues wie beim gewöhnlichen Stollenbaue, Fig. 23. Es werden bei rolligem und schwimmendem Gebirge die Orts- oder Brustbretter in der Firste weggenommen, die neuen Pfähle durch die Pfändung angesteckt und ins Gebirge getrieben*). Das Gebirge wird dann ausgehauen und die neu entstehende Brust mit den alten Ortsbrettern wieder verzogen.

Damit (Fig. 28) die Pfähle *o* am vorderen Ende, nach vollzogenem Vortriebe, nicht herunter gedrückt werden können, bedürfen sie eines Auflagers. Dieses muss conform dem Tunnelprofile sein und wird einfach dadurch erreicht, dass man, wie die genannte Figur zeigt, oben einen Absatz, eine Stufe bildet, und auf diese gerade so, wie es in Fig. 24 auf dem Lehrbogen der Fall ist, einen Kranz oder Ring aus Auswechselrahmen stellt.

Ist dergestalt die Firste gesichert: so gräbt man die Tunnelprofilscheibe Stufe für Stufe hernieder und verzieht sie, wo es nöthig ist, mit Orts- oder Brustbrettern.

Um Verwahrung gegen das Hereindrücken der Brust zu treffen, muss diese vom rückwärtigen Gespärre oder Tunnelrahmen aus abgespreizt werden. Da man die Dicke der Scheiben stets gleich mächtig nimmt, so kann dieses Spreizwerk stets gleich lange Dimensionen erhalten, also ebenfalls sehr trefflich aus Eisen gefertigt werden. Ich wende daher hierfür starke eiserne Bolzen, »Brustbolzen« *tt* in Fig. 28, an, und haben diese vorne zur Verbreiterung der Widerstandsfläche einen gusseisernen Schuh. Durch eine doppelt wirkende Schraubenmutter lassen sich diese Bolzen nach Bedürfniss verlängern und verkürzen. Hinten laufen sie in eine massige Gabel aus und umfassen damit den an dieser Stelle platt geschmiedeten Kopf und den Hals einer senkrecht stehenden alten Bahnschiene.

Diese Schiene, »Brustschiene« (*ss* Fig. 25, 26 und 28) genannt, muss also den

*) Confr. Aufsatz über die Getriebezimmerung in Erbkam's Bauzeitung, Jahrgang 1858.
RŽHA, Tunnel-Baumethode.

Druck auffangen. Sie lehnt sich zu diesem Behufe an ihren beiden Enden gegen den Tunnelrahmen an, und werden, um ihre Ausbauchung zu verhindern, diese Brustschienen aus zwei alten Bahnschienen zusammengenietet.

Es wurde eben erwähnt, dass der Abbau der Scheibe in Stufen erfolgt. Deren kann man im Allgemeinen drei annehmen, und liegt jede Stufe in der Ebene eines Bühnenträgers. Da die Länge der Brustschienen der Höhe der Stufen zu entsprechen hat, so bestimmt sich dieselbe durch die senkrechten Abstände der Bühnenträger untereinander und zur First, respective Sohle des Bogens. In Fig. 28 ist die oberste Stufe dargestellt, und lehnt sich die Brustschiene oben an den Bogen, unten an den Firstbühnenträger. Das Längenprofil Fig. 26 weist den Abbau bis zur Sohle herab genügend nach. Es wird erhellen, dass die Bühnenträger, da sie nur aus alten Bahnschienen genommen werden sollen, den auf sie übertragenen Brustdruck, in einfachem Schienen-Querschnitte, in den meisten Fällen nicht abhalten können.

Um die verschiedenen Querschnitte der Bühnenträger, der hintereinander rückwärts des Brustortes stehenden Tunnelrahmen zu kuppeln, dient eine einfache von Bogen zu Bogen, d. h. von Bühnenträger zu Bühnenträger reichende Längenverbindung *kk* (in Fig. 24, 25, 26, 28 und 29). Aus Fig. 24 ist insonderheit zu sehen, wie dieser Bühnenträger-Längenverband in solchen Distanzen unter einander zur Anwendung kommt, dass er zugleich zu Fördergeleisen (»Gestängen«) gebraucht werden kann. Auch müssen, um den ganzen Tunnelapparat genügend starr zu machen, die Lehrbögen der Tunnelrahmen gegen Verschiebung untereinander gewahrt bleiben, also ebenfalls einen Längenverband erhalten. Dieser besteht, wie die früheren Fig. 24 und 25 ausweisen, aus 12 Längenbandschienen *ii*.

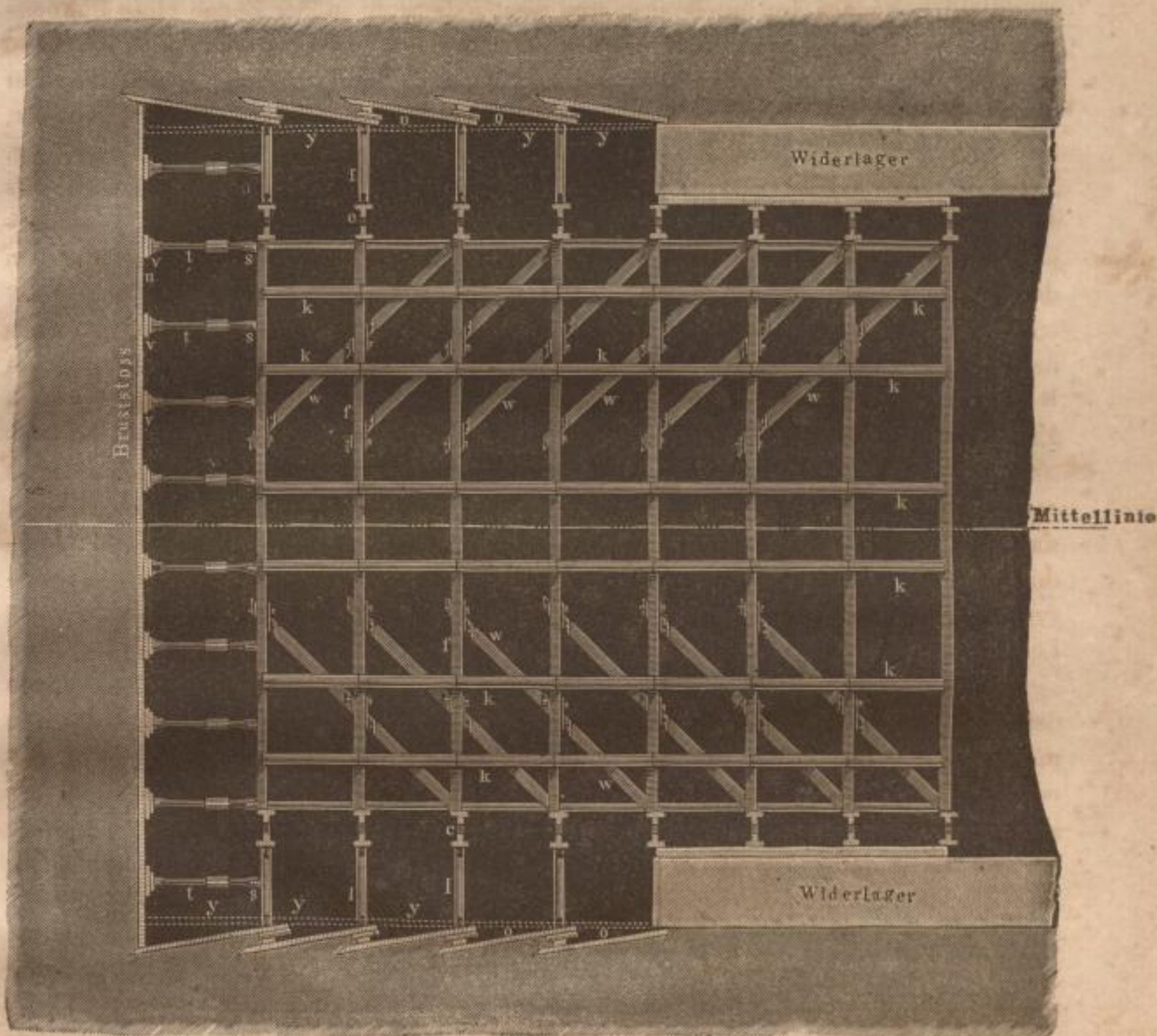
In grossen Druckfällen werden indess die Bühnenträger der hintereinander stehenden Bogen, auch wenn sie durch Längenband gekuppelt sind, doch in Gesammtheit noch nach einwärts sich ausbauchen können. Es ist daher, wie im Grundrisse Fig. 29 ersichtlich, eine Anordnung von Sprengwerken vorgedacht. Von jedem Lehrbogen aus gehen zwei »Strebeschienen« *ww* bis an den vorwärtigen dritten Bogen. An diese Strebeschienen sind starke Winkeleisen genietet, welche dem eigentlich abgesprengten, so wie dem Bühnenträger des mittleren Bogens als Gegenhalt dienen. Schrauben, welche durch diese massigen Winkeleisen und durch die Hälse der Bühnenträgerschienen gehen, vermitteln die innige Verbindung. Die Strebeschienen liegen, um die Fördergeleise nicht zu stören, dicht unterhalb der jeweiligen Bühnenträger und stützen sich wie diese in starke Muffen *nn*, welche an der Innenseite der Lehrbögen angegossen und in den Fig. 24, 25, 26 und 28 bemerkbar sind.

Sämmtliche Längenbänder und Strebeschienen sind wie die Brustschienen aus alten Eisenbahnschienen gewählt.

Ist nun die Scheibe des vollen Tunnelprofiles in derjenigen Dicke, welche die Entfernung der Lehrbögen untereinander bemisst, abgegraben und dabei die neu entstandene »Brust« von innen aus gespreizt und gebolzt, so kann der Einbau eines neuen »Tunnelrahmens« bewerkstelligt werden. Man benutzt dazu den rückwärts unter dem geschlossenen Gewölbe ausgerüsteten Lehrbogen und die bei der Wölbung frei gewordenen Auswechselrahmen. Ist beim Tunnel ein Sohlengewölbe nöthig, so wird

dies in der Mächtigkeit der Scheibendicke zuvor eingespannt, mit Bohlen belegt und kann der Aufbau des neuen Lehrbogens in der Stelle der punktirten Linie *AB* (Fig. 26 und 28) beginnen. Es werden zu diesem Ende die einzelnen »Bogenfelgen« aneinander

Fig. 29.



Grundriss der neuen Methode.

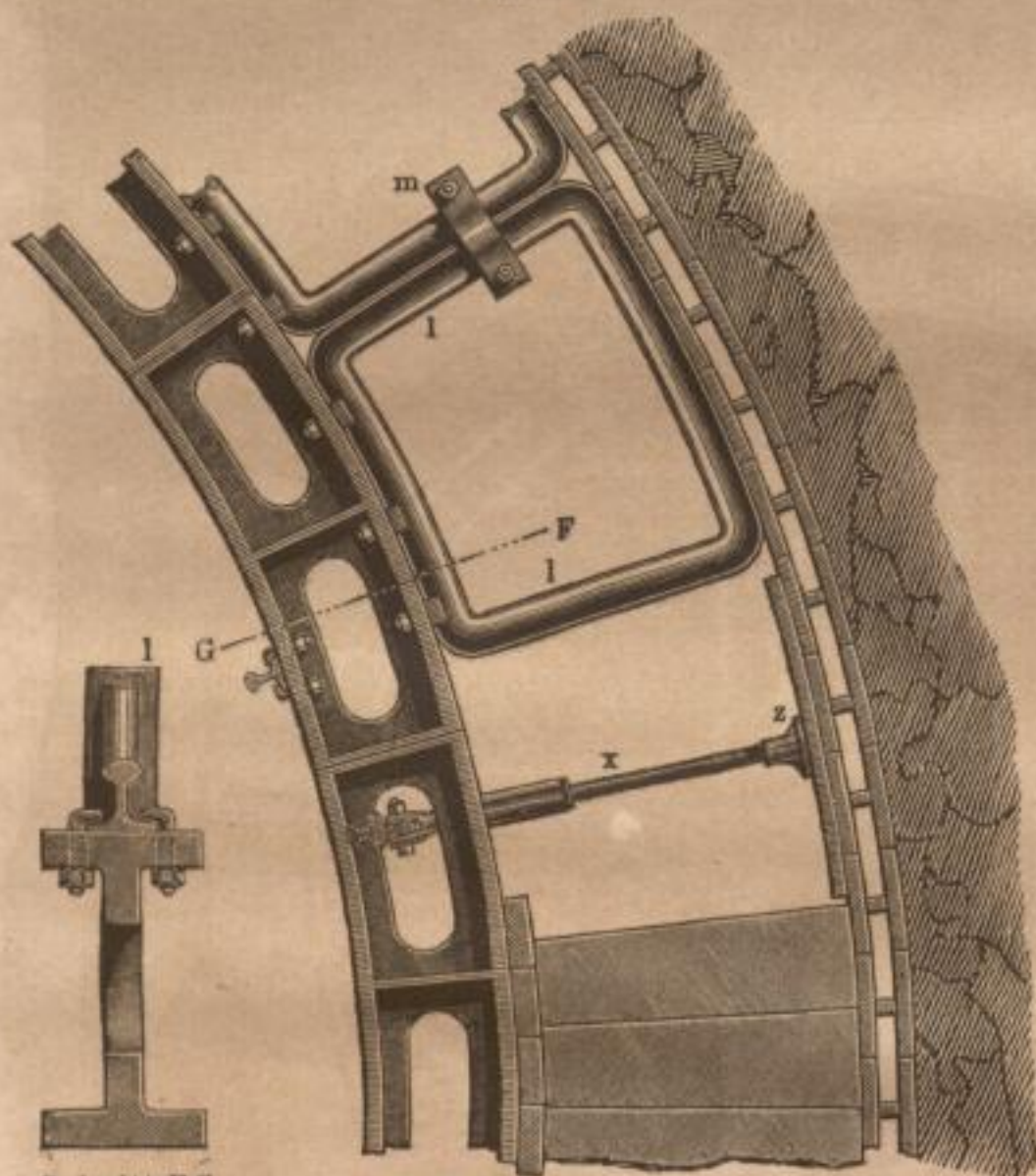
geschraubt, die Bühnenträger, Längenverbände und Strebeschienen des rückwärts freigewordenen Bogens eingebaut und schliesslich die Auswechselstücke aufgebracht und gegen die Wandungen tüchtig verkeilt. Damit die Auswechselrahmen auch untereinander in der Richtung der Tunnelachse eine Verbindung haben, d. h. auf den Lehrbogen nicht hin- und herschwanken können; giebt man ihnen eine gegenseitige Verspreizung von Bohlen, *yy* in Fig. 28 und 29, welche Bohlen hier nur in ihrer Dicke zu sehen sind, die sich aber in die Schienenhälse der Auswechselrahmen recht trefflich eintreiben lassen. Jetzt ist auch der Nutzen der schon früher erwähnten »Schellen« (*m m* Fig. 25

und Fig. 30) deutlicher, da man ersieht, dass sie die Schwankung eines einzelnen Rahmenstückes ganz entsprechend verhindern.

Steht der neu eingebaute Tunnelrahmen, und ist er mit dem rückwärtigen starr verbunden, so wird der »Einbruch« in den Ortsstoss wieder aufs neue und ganz in der dargestellten Weise von vorne begonnen, und werden die von Stufe zu Stufe frei werdenden Brustschienen *ss* und Brustbolzen *tt* von dem rückwärtigen »Tunnelrahmen« successive nach dem eben gestellten vordersten zu gleichem Dienste übertragen. Ein Blick auf das frühere Längenprofil, Fig. 26, wird das Gesagte genügend verdeutlichen.

Sind auf diese Weise mehrere Tunnelrahmen eingebaut, so beginnt die Mauerung. Anbetrachts der früheren Fig. 25 ist über die Ausführung dieser Arbeit bei der neuen Methode wenig zu sagen. Man hat eben nur einfach einen Auswechselrahmen

Fig. 30.



Schnitt FG.

Detail der Auswechselung und Mauerung.

nach dem anderen wegzunehmen und an seiner Stelle die Wölbesteine einzufügen. Sollte es bei absonderlich grossem Drucke vorkommen, dass man selbst nicht so viel Pfahlfläche frei werden lassen darf, wie es durch die Wegnahme eines Auswechselrahmens der Fall sein würde, so kann man durch Holzstempel in Fig. 25, oder noch solider durch Schraubenbolzen *xx* in Fig. 30 die blossgelegte Fläche unterstützen.

Diese Schraubenbolzen, hier »Ulmschrauben«*) genannt, besitzen dieselbe Construction wie die früher dargestellten »Brustbolzen«. Als Ausgangspunkte für die Ulmschrauben dienen zwei zusammen genietete alte Bahnschienen, welche in die Spar-Oeffnungen der Mittelrippe der Lehrbogenstücke gelegt werden.

Selbstverständlich ist es, dass man dort, wo es die Consistenz des Gebirges zulässt, die Pfählung herausnimmt und mit der Mauerung bis ans Gestein dringt.

Von der vorstehenden Fig. 30 ist noch zu bemerken, dass sie in vergrössertem Maassstabe die Construction der Auswechselrahmen, der Schellen und des Bogenquer-

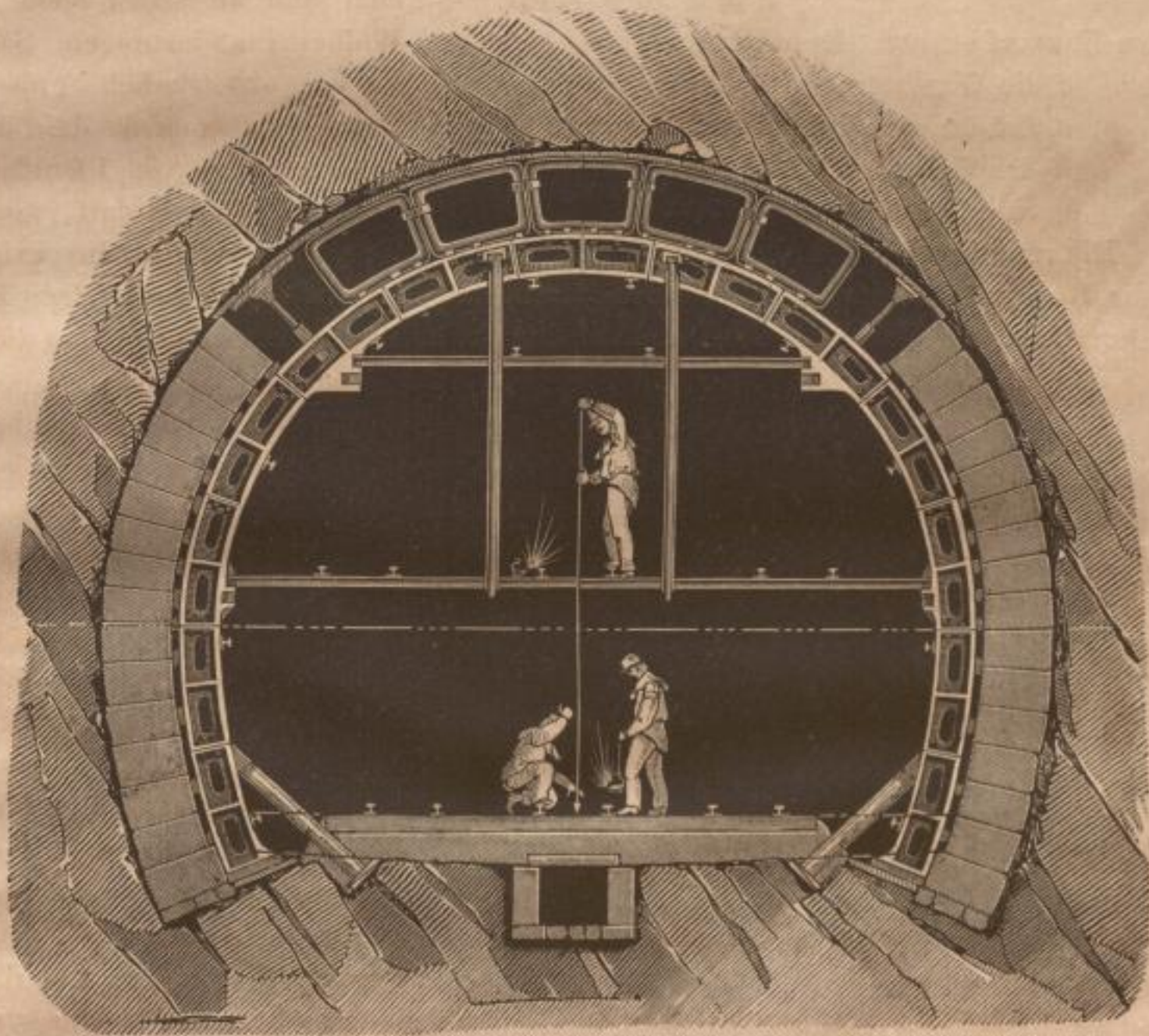
*) Die Seitenwand des Stollens oder des Tunnels heisst in der österreichischen Bergmannssprache »Ulme«.

schnittes, so wie die Befestigung der Auswechselstücke auf dem Bogen und den Längenverband darstellt.

Die Wölbung schreitet auf Grundlage des Lehrbogens vor, und wird der letztere nach Schluss der ersteren durch Lüftung des obersten Stückes ausgerüstet, wonach der Tunnelrahmen seinen diesmaligen Dienst vollendet hat und, frei von Beschädigung, zu weiterer Leistung bereit steht.

In Vorstehendem wurde lediglich des Falles gedacht, woselbst ein Sohlengewölbe nöthig ist. Hat man Gebirge solcher Beschaffenheit zu durchfahren, welche diese Wölbe-Construction nicht beansprucht, so ist der Tunnelrahmen einfacher und nach beistehender Fig. 31 zu gestalten. Die Schenkel des Lehrbogens erhalten alsdann unten einen breiten

Fig. 31.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Brschw Fss

Vorgang nach der neuen Methode in festem und gebrächem Gesteine.

Fuss, und dienen zu dessen Unterlage entweder in Kies gebettete Steinplatten, oder fest gekeilte Holzlager.

Der Bauvorgang bleibt im Uebrigen wie früher, und findet derselbe hier in minde

dichter Verpfählung, so wie meist im Wegfalle eines Brustverzuges wesentliche Erleichterung.

Aus dem Rückblicke auf das Längenprofil Fig. 26 ist zu entnehmen, dass für einen Angriffspunkt 8 Bogen völlig genügen.

Ueber den rückwärtigen Bogen wird geschlossen und gewölbt, während dessen die Bergleute einige Felder vorarbeiten und zum weiteren Vordringen die rückwärts unter dem Gewölbsschlusse frei gewordenen Bogen, respective Tunnelrahmen, benutzen.

Da die Bogen Stück um Stück vorgebaut und ausgerüstet werden, so darf sämtlicher Längenverband nur von Bogen zu Bogen reichen, und kann sich derselbe durch stumpfen Anstoss fortsetzen.

Was den Querschnitt und die Stärke der Bogen betrifft, so wurde die doppelte T-Form gewählt und die Formel:

$$\delta = 0.00871 d \sqrt[3]{n} + c_1$$

für den Entwurf benutzt. Es bedeutet:

δ die Wandstärke in Zollen;

d den inneren Röhrendurchmesser in Zollen;

n den Ueberdruck in Atmosphären;

c_1 eine Constante = 0.05.

Die resultirende Stärke hat sich als sehr annähernd erwiesen, und ist dieselbe so wie die Bogenform insbesondere nach Baurath Scheffler's Theorie der Gewölbe und Darstellung der Mittellinie des Druckes controlirt und eingebessert.

V.

Variationen der neuen Tunnel-Baumethode.

A.

Aus der bisherigen Erklärung der neuen Methode erhellt, dass für den Fall der Nothwendigkeit eines Sohlengewölbes, dieses immer **zuerst** gespannt werden muss und nur in solchen Längen vorgebaut werden kann, als es die Vortriebedistanz der neuen Scheibe erlaubt. Stellt man die Bogen also beispielsweise mit 4 Fuss Distanz, so kann das Sohlengewölbe nur immer 4 Fuss vorgestreckt werden, und müssen die Bergleute bis zur Vollendung dieser Arbeit anderweite Beschäftigung erhalten. Baut man in Verhältnissen, wo diese Sohlenmauerung sich zu sehr verzögert, so ist es höchst einfach, das Sohlengewölbe für sich dadurch vorausseilen zu lassen, dass man den Sohlenstollen erweitert und vertieft, und diesen lediglich auf die nöthige Grösse für das Sohlengewölbe beschränkten Ausbau ebenfalls vorweg eilen lässt. Es kann eine Holzzimmerung hierbei ebenfalls umgangen und die Stützung dieses Sohlengewölbsraumes mittelst gekrümmter Bahnschienen wie bei dem Schienengeviere des Sohlenstollens vorgenommen werden. Im Allgemeinen wird derlei Vorauseilung indess nicht nöthig sein, da der bergmännische Ausbau, d. h. die Abarbeitung der Scheibe und die Aufstellung des Tunnelrahmens, vermöge der ausserordentlichen Vereinfachung der neuen Methode so rasch vor sich geht, dass, ohne der Beschleunigung des gesammten Tunnelfortschrittes Eintrag zu thun, die Bergleute, während die Maurer beschäftigt sind, an einem entgegengesetzten Angriffspunkte unterdess eine neue Scheibe abgraben. Ja man kann behaupten, dass selbst diese Abwechslungsarbeit nur in seltenen Fällen nöthig sein dürfte, weil die Bergleute während der kurzen Beschäftigung der Maurer am 4 Fuss langen Sohlengewölbe beim Ausrüsten und Rangiren des rückwärtigsten Bogens, so wie bei den Vorbereitungen für das Aufstellen des frischen Bogens genügend zu thun haben; zumal dann, wenn das Sohlengewölbe aus Klinkern hergestellt wird.

B.

Bei der neuen Methode stellt sich heraus, dass das gesammte Tunnelprofil in Scheiben abgegraben wird. Während also die Bergleute an den unteren Stufen einer

solchen Scheibe beschäftigt sind, ruht im oberen Theile die Arbeit. Es könnte nun leicht gesagt werden, dass dies eine ungenügende Ausnützung der Zeit sei. Ein derartiger Einwurf kann aber füglich damit parirt werden, dass man die Ersparung an Bergleuten und die thatsächliche Behauptung entgegenhält, wonach vermöge der grossen Einfachheit die Methode eine verhältnissmässig weit rascher vorschreitende ist, als jede Holzbaumethode. Der bislang in Rede stehende kleine Zeitverlust der neuen Methode an und für sich ist wenigstens noch lange nicht mit der Hemmniss zu vergleichen, welche z. B. der englischen Holzbaumethode anhaftet, da bei dieser die Bergleute nicht allein während der Abgrabung der dickeren Scheibe das obere Profil dann ruhen lassen müssen, wenn sie im unteren arbeiten, sondern sich sogar so lange zu entfernen haben, bis die Maurer mit der Einwölbung des ganzen abgebauten Tunnelstückes fertig sind.

Ohne Zeitverlust kann überhaupt bei keiner Tunnel-Baumethode von Seiten der Bergleute gearbeitet werden, da die Gewinnungsarbeiten während der Zimmerungsarbeiten ruhen müssen, und bei den Holzbaumethoden die entstehenden Pausen, welche die Einstellung der Hölzer verursacht, nur im Einzelnen kleiner, dafür aber desto zahlreicher sind.

Es könnten indess doch Fälle vorkommen, wo es wünschenswerth wäre, selbst bei der neuen Methode das Profil unablässig zu betreiben. Meine neue Methode soll auch da nicht hilflos sein; denn es ist nur nöthig, das Princip des bei den Holzbaumethoden eingeschlagenen Strossenbaues, d. h. die stiegenförmige Abgrabung, fallen zu lassen und einen Firstenbau einzuführen. Letzterer stellt sich wie eine von unten angesehene Stiege dar. Es geht beim Firstenbau jeder unterwärts liegende Profiltheil voraus, während beim Strossenbaue jeder obere vorgetrieben wird.

Theilt man nun den Tunnelrahmen in Etagen und baut man jede dieser Etagen für sich vor: so ist bei der neuen Methode der Firstenbau und mit ihm der Angriff des ganzen Profils in unausgesetzter Reihe eingeführt.

Das Längenprofil Fig. 32 wird dies genügend verdeutlichen.

Jede Etage wird mit einem Bühnenträger c , b , a versehen. Der Bühnenträger bildet dabei die Kappe der Etage und kann dann selbstverständlich nicht mehr aus Bahnschienen, sondern er muss aus starkem doppelten T-Eisen genommen, auch von der Sohle aus genügend unterstützt werden.

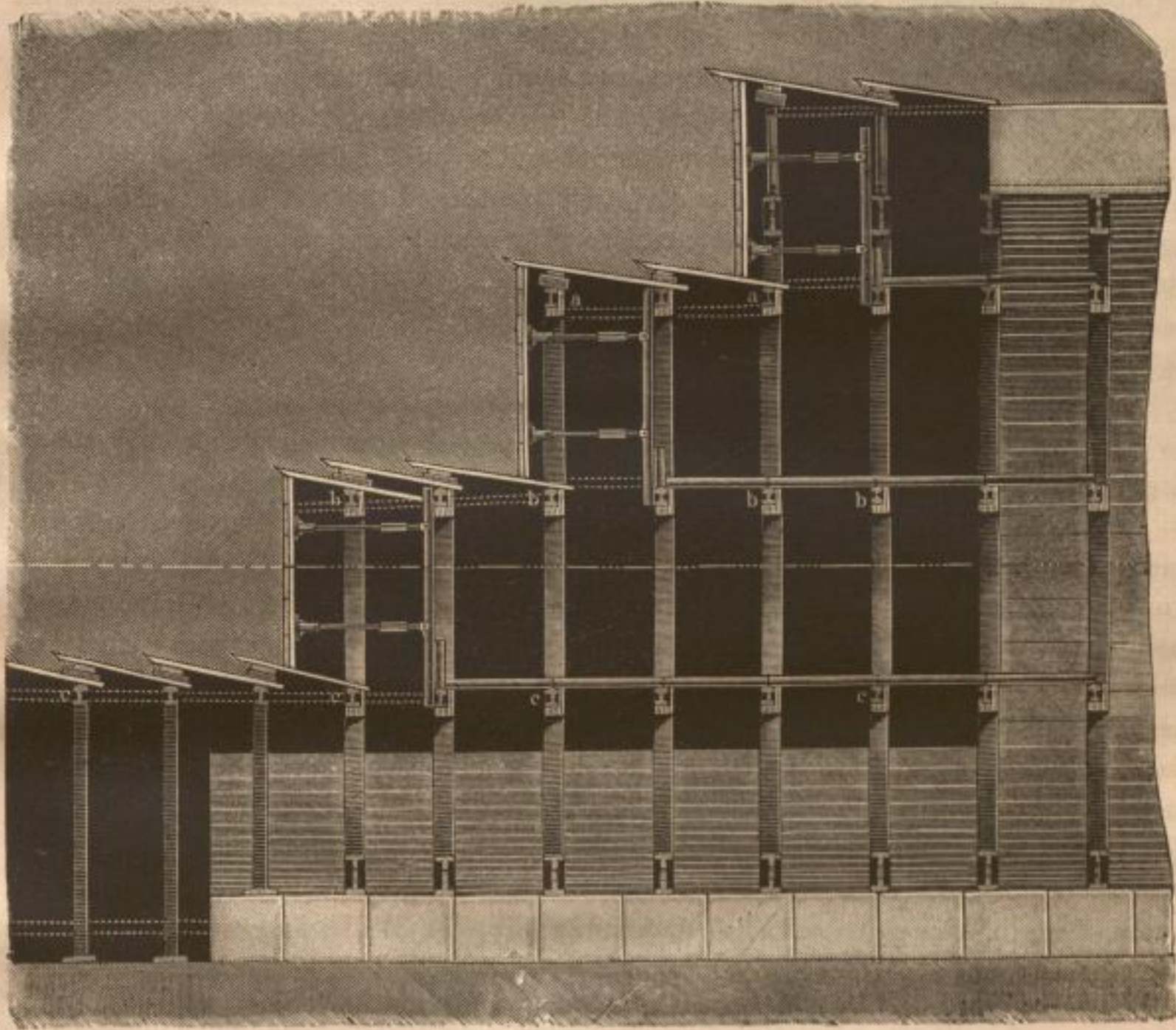
Man streckt also den Sohlengewölbsraum zuerst vor, zieht das Sohlengewölbe ein und führt diese unterste Etage immer mit der Mauerung des Sohlengewölbes, als selbstständige Abtheilung und unabhängig von den anderen Profiltheilen, eilend voraus.

Dann lässt man den Einbau des Sohlentheiles des Lehrbogens folgen. Als Seitenbegrenzung dieser Etage schliessen sich die ersten Widerlagsstücke des Lehrbogens, nebst den zugehörigen Auswechselstücken an. Als »Kappe« fungirt der Bühnenträger c , welcher in der Mitte durch Säulen unterstützt wird, die auf dem Sohlentheile des Lehrbogens wie die Bühnenträgerfüsse befestigt sind. Auch dieser Profiltheil geht unbekümmert um die anderen in einem Abstände von etwa 2 bis 3 Bogendistanzen dem ersten untersten Einbruche nach.

Nun folgt die zweite Etage. Ihre Sohle befindet sich in der Höhe des vorigen

Bühnenträgers und wird durch diesen gebildet. Die Seitenwandung bildet die Fortsetzung der Lehrbogenstücke mit Anreihung der Auswechselstücke. Diese Etage schliesst sich, ebenfalls selbstständig vorgehend, an die untere an, und hat zur Kappe den mittleren Bühnenträger *b*, welcher mit der Fortsetzung der unteren Säulen ebenfalls unterstützt wird. Es findet also diese Etage schon einen beträchtlichen Theil des Tunnelprofils und dessen Eisenausbaues vor.

Fig. 32.



Firstenbau mit der neuen Methode.

Weiter rückwärts folgt die dritte Etage, welche zur Sohle die Bühnenträger *b b*, zur Firste die mit *a a . . .* bezeichneten, und zu den Umversicherungen die weiteren Bogenfelgen hat.

Nun kommt, ebenfalls selbstständig vorgehend, die Firstetage. Sie wölbt den Eisen-Bogen zu, fügt die obersten Auswechselstücke ein und bildet mit ihrer Vollendung den fertigen Tunnelrahmen.

Jede Etage wird für sich bergmännisch bearbeitet, und in ihr selbstständig gemauert.

Dieser in solch ausgedehnter Weise bislang unerreichte Firstenbau lässt also keinen Profiltheil in Ruhe und gestattet, aller Orts zu arbeiten.

Nur wird ein solcher Tunnel-Apparat mehr Bogen wie früher beanspruchen; stärker, insonderheit in den Bühnenträgern und deren Unterstützungen, zu halten sein; mehr Firstenbetrieb, also mehr Aufwand an Pfählen und Bohlen erheischen, und in Folge dieser Umstände, so wie der grösseren Beengung als bei dem früheren Vorgange, theurer werden.

Fasst man diese Umstände zusammen, so lässt sich die Anschaffung von so viel gewöhnlicher Tunnelrahmen (Fig. 24) rechtfertigen, dass man im Tunnel noch einen vermehrten Angriffspunkt etabliren und dadurch, wenn nicht schneller, so gewiss doch eben so schnell zum Vollendungstermine gelangen kann. Liegen indess Verhältnisse vor, dass eben die Anzahl der Angriffspunkte aus anderweitigen Gründen ein bestimmtes Maass nicht überschreiten darf, und dass absolut die höchste Beeiligung nöthig ist, auch keine Kosten zu scheuen sind: dann wird dieser proponirte »Firstenbau« gewiss von grossem Interesse sein.

C.

Eine dritte Variation kann meine neue Tunnel-Baumethode durch Anwendung eiserner Pfähle und anderweitiger Disposition des Längenverbandes erfahren.

Die neue Methode gestattet in Folge der stets genau einzuhaltenden Distanzen und der immer in gleicher Weise zu verwendenden Pfähle auch bei diesen letzteren die Anwendung von Eisen; ein Umstand, der bei Holzbaumethoden nicht zur Geltung kommen kann. Ob die Pfähle von Holz oder von Eisen zu fertigen sind, muss ein reines Rechnungsexempel erweisen, da die zu durchfahrende Erdart den Bedarf an Pfählung (einschliesslich der Vernichtung) bemisst und hieraus das Resultat sich bildet, ob die unverletzt bleibenden eisernen Pfähle in der Anschaffung sich rentiren. Ich beabsichtige hiermit überhaupt nur, die Zulässigkeit eiserner Pfähle zu constatiren.

Was den Längenverband anbelangt, so liegt ein grosser Theil am inneren Rande des Lehrbogens. Es ist ebenso constructiv, ihn am äusseren Rande anzubringen: und kann dieser Längenverband dann die für die Wölbung nöthige Schalung zugleich abgeben.

Die Schallatten sind immerhin ein so theurer Gegenstand, dass diese Disposition der genauesten Würdigung besonders dann unterzogen werden muss, wenn das Holz theuer ist und wenn man sich in einem gebräuchlichen Gesteine befindet, welches es zulassen würde, die Tunnelrahmen weit von einander zu stellen. Nimmt man dann die Schallatten von Eisen (wozu sich Schienen ebenfalls eignen), so geniesst man den Vortheil, die grösser mögliche Tunnelrahmendistanz auch in so ferne für die Wölbung beibehalten zu können, als die Tragfähigkeit dieser eisernen Wölbeschalung bei dem entfernteren Auflager ein Durchbrechen der Wölbungslast nicht gestattet.

D.

Eine weitere voraussichtliche Variation der neuen Methode besteht in der Anwendung derselben beim Grubenbaue und beim Schachtbaue, also im Felde des Bergbaues im Allgemeinen. Die Methode wird dieselbe bleiben, ob man die Form des unterirdischen Querprofiles ändert, vergrößert oder verkleinert, oder aber die Richtung des Baues in diese oder jene Lage bringt. Die damit verknüpften Modificationen sind wenigstens betreffs der Wesenheit der Methode als Nebenumstände zu bezeichnen.

Führt man also die neue Baumethode auf die gewöhnliche Dimension der zu mauernden »Erbstollen« herab, so ist es ohne Zweifel, dass dieselbe Bauweise im Bergbaue um so mehr mit Vorthail anzuwenden steht, als die Lehrbogen dann nur aus zwei, höchstens drei Stücken zusammengesetzt werden und die Bühnenträger entfallen können. Es würde hier zu bemerken sein, dass man auf den Freienwalder Stollen allerdings früher statt Holzzimmerung eiserne Getriebe, dann bei den Schöninger Braunkohlengruben eiserne Bögen zur Wölbung benutzt hat. Jedoch ist jede Benutzung separirt gewesen, und das Princip der Auswechselstücke, d. h. des Lehrbogens als Fundament des Stollenrahmens, auch im Grubenbaue noch völlig neu.

Was das Abteufen von auszumauernden Schächten anbelangt, so hat man bekannter Maassen die Anwendung von Senkschächten nicht überall eingeführt, auch nicht einführen können. Man ist vielmehr noch in vielen Fällen, zumal dort, wo der Senkung sich festere Gesteinschichten entgegenstemmen, wiederholt darauf zurückgekommen, den Schacht zuvor kostspielig in Holz zu setzen und erst hinterher zu mauern. Der Holzzimmerung war man immer genöthiget, Vierecksform zu geben, was für die spätere Ausmauerung nicht immer passend schien, ja häufig unbequem sein musste.

Benutzt man die neue Methode zum Abteufen und zum Ausmauern schwieriger Schächte, so muss unstreitig viel Material gespart und insonderheit die Getriebezimmerung vereinfacht werden. Man hat dabei es völlig in der Hand, die eisernen »Schachtkränze« für jeden vorkommenden Druck ausreichend stark machen und dabei »Wandruthung« und »Einstreichung« sparen, so wie jeden Querschnitt des Schachtformates, sei er viereckig, ausgerundet, oval oder kreisrund, annehmen zu können.

Diese Anwendung der neuen Tunnel-Baumethode auf die Fälle des Bergbaues ist für Fachleute so einfach, dass sie eben nur angedeutet zu werden braucht.

VI.

Vorteile der neuen Methode.

Betrachtet man die neue Tunnel-Baumethode gegenüber selbst der besten Holzbaumethode, so lassen sich Einfachheit, Kostenersparniss und Sicherheit, also die drei Erfordernisse einer neuen Construction, motiviren.

A. Einfachheit.

Ob zwar die Einfachheit schon dem Laien verständlich sein muss, so kann sich die Beleuchtung eines fachwissenschaftlichen Gegenstandes mit einem allgemeinen Urtheile nicht begnügen. Wenn indess von den Fachmännern ein Vergleich gezogen wird zwischen irgend einer bisher angewandten Tunnelbauart und der von mir aufgestellten Methode, so dürfte gewiss der letzteren in Bezug auf Einfachheit der Vorrang eingeräumt werden.

Der Umstand, dass die Stützungsmassen sämmtlich in die Peripherie des Tunnelprofiles vertheilt sind, trägt zur Vereinfachung der Tunnelbaukunst ganz ausserordentlich bei, da die anderen Methoden ihre Stützungen in den Tunnelraum hineinragen lassen müssen — also den im dunklen Raume so gross nöthigen Platz auf das Fühlbarste versperren.

Einfach ist die Methode aber wesentlich dadurch, dass sie vermöge ihrer Disposition eine grosse Menge, dabei schwieriger und theurerer Arbeit, die nach den bisherigen Baumethoden unerlässlich war, völlig annullirt. Ich meine damit den Wegfall der Aufstellung separirter Holzstützung oder »Bölsung«; den wichtigen Ausfall der Holz- auswechslung; die Vereinigung von Lehrgerüst und Gespärre zu einem Apparate: dem »Tunnelrahmen«; die Leichtigkeit der Rüstung oder »Bühnung«; die Vermeidung von Störungen und Nebenarbeiten, welche aus Platzmangel früher unausweichlich waren; und schliesslich die durch die Offenheit des Raumes theils gänzlich entfallende, theils wesentlich vereinfachte Ventilirung und Wasserlösung des Baues.

Einfach ist also die neue Methode durch ihren Totaleindruck; durch ihre Disposition und Combination und durch die Erleichterung in allen Einzelarbeiten, deren Handtirung nicht nur auf den maassgebenden bergmännischen Regeln ruhen bleibt,

sondern deren Vervollkommnung in eine bis jetzt nicht zulässig gewesene Wirkungssphäre dringen kann.

B. Kostenersparniss.

Geldsparung und Einfachheit sind bei einer Tunnel-Baumethode zwei von einander unzertrennliche Eigenschaften. Wo die letztere eingreift, resultirt die erstere.

Zerlegt man die Kosten eines Tunnelbaues in:

- I. Gewinnung der Berge,
- II. Bötzung (Zimmerung) oder Stützung (bei Eisen),
- III. Förderung der Berge,
- IV. Mauerung (sammt deren Rüstung),
- V. Schacht- und Stollenanlagen (zur Gelangung zum Tunnel),
- VI. Maschinen und Hausbauten,
- VII. Ventilation und Wasserschöpfen,
- VIII. Façaden, Aufsicht und Insgemein,

so werden, ob man den Tunnel nach diesem oder jenem Systeme ausführt, die Titel V. und VI. gar nicht, der Titel VIII. wegen der Aufsicht und der Insgemeinkosten aber verschwindend variiren. Titel III. und VII. werden schon fühlbar schwanken; hingegen die Partien I., II. und IV. bei Kostenvergleichen den Ausschlag geben.

Betrachten wir nun die einflussreichen Titel, so ist:

ad I. bei der Gewinnung

oder Loslösung der Gebirgsmassen (ohne deren Stützung) die neue Methode gegenüber jedem Holzbau-Systeme in entschiedenem Vortheile.

Baut man mit Holz, so muss in druckreichem Terrain auf dessen Senkung d. h. auf die Zusammenpressbarkeit der Holzzimmerung oder »Böztung« Rücksicht genommen und zur Vermeidung späterer fühlbarer Nachtheile das Profil mehr oder minder überhöht ausgehauen werden. Auch muss man bei jeder Holzbaumethode, um für die Auswechslungsarbeiten während der Mauerung genügenden Raum zu finden, diejenigen Bötzungshölzer, welche den Profilumfang schützen, weiter hinausstellen, als die äussere Umfangslinie der Wölbung markirt.

Die Manipulation mit der Bötzung bringt es auch mit sich, dass die theoretische Lage des Umfanges vom Profile nicht genau innegehalten wird und der ausgebrochene Raum sich meist dadurch in der Wirklichkeit grösser gestaltet, dass die Bergleute im Entstehen der Gespärre die einzelnen Bötzungstheile lieber etwas weiter »hinaushängen« oder »stellen«, um später bei der Mauerung nicht den Vorwurf auf sich zu ziehen, als ob sie zu eng gebaut hätten. Es ist dies eine praktische Erfahrung, welche als Factum da steht, und ist dieser Umstand ebensowenig zu vermeiden, wenn das Gebirge sehr druckhaft sich äussert, als auch dann, wenn es geschossen werden muss.

Diese drei Punkte vergrössern den Aushieb der Tunnelmassen recht bedeutend und bringen daher bei jeder Holzbaumethode eine grosse Mehrauslage mit sich.

Die neue Eisenrüstung stellt in jedem »Tunnelrahmen«, da dieser halber der

Wölbung sofort in die genaueste Lage gebracht werden muss, eine feste und maassgebende Chablone hin; lässt vermöge der Starrheit des Stützmaterials keine Zusammenpressung des letzteren zu, und schliesst diesem nach das Profil immer nur in der absolut nöthigen Grösse auf.

Aber nicht allein hierdurch vermindern sich die Gewinnungskosten, sondern auch dadurch, dass der Lösepreis einer Cubikeinheit Gebirgsmasse sich bei Benutzung der neuen Methode viel billiger gestalten muss, als bei Anwendung irgend einer Holzbau-methode.

Es ist eine bekannte Erfahrungssache, dass eine Cubikeinheit derselben Gebirgsmasse weit billiger im Lösepreise zu stehen kommt, wenn die Lösung über »Tage«, als wenn ihre »Gewinnung« unterirdisch, d. h. bergmännisch betrieben wird.

Die unterirdische Gewinnung wird aber wieder desto theurer, je kleiner das Profil des auszuhauenden Raumes sich gestaltet. Die Cubikeinheit des Stollens ist theurer, als jene des grossen Tunnelprofiles oder dessen grösserer Theile. Die Gründe dieser Erscheinung anzugeben, ist hier nicht am Orte; ich bemerke hier nur, wie mich zahlreiche Beobachtungen zu dem Satze geführt haben: dass sich bei unterirdischer Gewinnung der Arbeitsaufwand im Allgemeinen verhält wie die Quadrate der loszulösenden Gebirgsflächen.^{*)}

Ein Tunnelbau also, dessen System sich dahin concentrirt, das Profil in einzelnen kleinen Räumen oder aneinander gereihten Stollen auszuhauen, wird für die Gewinnung der Massen der kostspieligste sein müssen; und umgekehrt muss jenes System das billigste sein, welches den Bau sofort über das ganze Profil ausdehnt, d. h. scheibenförmig die Gewinnung erstrebt. Die Piemontesen, bekannter Maassen die besten Gesteinsbauer, haben, ich möchte sagen, empirisch diese Abbauart bei Tunnelbauten eingeschlagen, indem sie das Tunnelprofil nicht in Stufen abschiessen, sondern die Massen scheibenförmig absprengen, und es ist nicht zu leugnen, dass in diesem Bezuge das englische Holzbausystem gewisse Vorzüge hat. Am vortheilhaftesten aber wird diese Gewinnung betrieben durch meine neue Methode. Die Freiheit des Raumes, die Vergünstigung eines Maximalverhältnisses zwischen Grösse der Querschnittsfläche und Kleinheit der loszutrennenden Gesteinsflächen, die Gestattung tieferer Schüsse: dies sind Umstände, welche der neuen Methode unbestreitbare grosse Vortheile einräumen. Wirft man noch einen Blick auf das Maschinenbohren, so giebt die neue Methode die beste, anderen Orts näher zu beleuchtende Gelegenheit, dieses wichtige Feld am rationellsten cultiviren zu können: da man Anbetrachts der scheibenförmigen Ablösung und Anbetrachts des Vorhandenseins rückwärtiger Stützpunkte, endlich in Erwägung geeignetster Schussstellungen die Bedingungen des Maschinenbohrens vorhanden sieht.

Die neue Methode ist auch insonderheit bei den weicheren Gebirgsarten bezüglich der Gewinnung dadurch billiger, dass sie nicht so viel Firstgetriebe wie jede andere Holzbau-methode erheischt und hiernach Abarbeitung so kleiner Räume, wie sie Getriebezimmerung bedingt, gar nicht nöthig hat.

^{*)} Dieser Gegenstand ist in dem bereits erwähnten, demnächst zur Veröffentlichung kommenden grösseren Werke über Tunnelbau ausführlich beleuchtet.

ad III. die Förderung

der Berge betreffend, so muss auch hier die neue Methode in entschiedenem Vortheile sein. Erstens sind weniger Massen zu fördern; zweitens ist die Transportirung an und für sich wieder weit billiger. Der Förderpreis, bekanntlich bei Tunnelbauten ein sehr hoher, erhält diese Höhe durch die Bemüssigung der Anwendung kleiner Gefässe; durch die Raumbeschränkung im Laden und Fahren; durch die Beschränktheit der Ladestellen; durch die öfteren Ueberwerfungen der gewonnenen Massen; durch die beschränkte Beleuchtung und schliesslich durch die massenhaften, ganz ausserordentlich hemmenden vielerlei Störungen von Seiten der übrigen Tunnelarbeiten.

Die neue Methode gestattet grosse Fördergefässe, zusammenhängende Ladestellen vor einem breiten, bequemen Orte, Freiheit und Lichtverbreitung, keinerlei Umladung, auch Beseitigung grosser Störungen, indem eine genügende Anzahl Fördergeleise gelegt werden kann. Ferner behebt die Vereinfachung der neuen Methode an und für sich die Hemmnisse der verschiedenen Arbeiten untereinander.

Nimmt man sich die Mühe, die Vortheile der Gewinnung und Förderung in Ziffern zu berechnen, so erzielt man eine sehr beträchtliche Summe.

ad II. die Bölgung

belangend, so ist vor Allem über die Grenze dieses Titels eine Bemerkung voranzuschicken. Ich verstehe hier unter dieser Benennung bei den Holzbaumethoden jene Kosten, welche durch den Einbau der Zimmerung erwachsen.

Zimmerung im engeren Sinne umfasst alle Stützungsmittel bis zum Beginne der Mauerung; besteht also im successiven Einbau der Bölgung und markirt sich durch das Entstehen der Gespärre.

Die Lehrbogen, deren Untergestelle, die Auswechslungsarbeiten und ihre Hölzer gehören zu Titel Mauerung.

Bei der neuen Methode wird der jetzt zu beleuchtende Titel im Allgemeinen »Stützung« heissen können und sich beschränken auf die Kosten der Brustabbölgung (wenn diese nöthig ist) und der Auswechselkränze, denn die letzteren ersetzen hier die Gespärre. Der eiserne Lehrbogen gehört sammt seiner Armatur zur Mauerung.

Die Bölgung verfällt bei Holzbaumethoden in den Ankauf der Hölzer, in deren Zurichtung und schliesslichen Einbau.

Bedenkt man nun die Masse des nöthigen Holzes, seinen heutigen Preis und die kostspielige Zurichtung, die durch Druck und Auswechslung bedingte Vernichtung, die immer wiederkehrende, störende Einschaffung in und Ausräumung vernichteter Hölzer aus dem Tunnel, den zeitraubenden, schwierigen und massigen Einbau, — hält man ferner bei der neuen Methode die lediglichen Biegunskosten einiger alten Bahnschienen (deren Eisenwerth nicht verloren geht), dann die höchst einfache Aufschreibung und Transportirung dieser »Auswechselrahmen«, so wie die einfache, Material nicht abnützende Brustabbölgung gegenüber: so lässt sich sagen, dass fast die ganzen Bölgungskosten eines Tunnelbaues mit der neuen Methode wegfallen. Der hiermit entstehende Vortheil wird aber um so grösser sein,

je druckhafter das Gebirge ist, d. h. je mehr es Holz vergeuden muss. Wer sich je mit Tunnelbauten beschäftigt hat, wird zugeben müssen, dass in dem jetzt besprochenen Vorteile der neuen Tunnel-Baumethode deren Schwerpunkt liegt; und wer sich der Mühe unterzieht, die nöthigen Holzmassen, Zurichtungen, Transportirungen und Einbauungen derselben bei einer der alten Methoden zu berechnen, wird im Gegenüberhalten der neuen Methode eine Differenz finden, welche so hoch ist, dass sie Erstaunen rege macht.

Es umfassen:

ad IV. Mauerungskosten

diejenigen Beträge, welche durch die Beschaffung der Steine und Mörtelmaterialien, dann deren Einbringung entstehen. Der erste Kostenzweig ist bei jeder Methode derselbe. Die Einbringung umfasst 1) die Transportirung bis zur Wölbeschicht; 2) die Maurerarbeit; 3) die Auswechslung der Stützungsmittel; 4) die Kosten der Lehrgerüste.

Dass sub 1) und 2) die neue Methode in entschiedenem Vorteile sich befindet, geht hervor: aus der Grösse des freien Raumes, Möglichkeit der Benutzung höchst vortheilhafter Transportgeräte, Anwendung höchst zweckmässiger Hebevorrichtungen, Leichtigkeit jeder Gerüstung in Folge der Sparöffnungen in den Lehrbogen, Wegfall hindernder Hölzer, ferner aus der vortheilhafteren Beleuchtung, leichteren Handtirung der Maurer und Handlanger, und dem Wegfalle der Störungen durch die anderen Tunnelarbeiten, namentlich die damit verknüpften vielseitigen Transportirungen. Sub 3) die Auswechslungskosten belangend, so haben uns die früheren Figuren 11, 12 und 13 davon ein schwaches Bild bei Holzbaumethoden gegeben. Es zerfallen die Auswechselkosten in die Wegnahme und Abhauung der hindernden Bölzungsgehölze, in den Ankauf, die Zurichtung und den Einbau der neuen Auswechselhölzer und in die »Abtreibekosten«. Die letzteren sind dann nöthig, wenn der Druck die Zimmerung, in Folge der Compressibilität und Verschiebbarkeit der Hölzer so weit in das Tunnelprofil hereingepresst hat, dass der Raum für die Wölbung, nicht selten auch jener für die Einstellung der Lehrgerüste fehlt; also das Gebirge neu nachgenommen oder »abgetrieben«, und der neue Raum wieder neu gezimmert werden muss.

Diese Kosten der Auswechslung sind bei Tunnelbauten nach früheren Systemen sehr bedeutend, wachsen nicht selten pro Ruthe nach Hunderten von Thalern — und entfallen bei der neuen Methode fast gänzlich. Denn bei ihr beruhen sie nur in der Abschraubung und Wegnahme der Auswechselrahmen. Neue Stützungsmaterialien sind fast nie nöthig, nutzen sich wenigstens nicht ab, und bestehen also die Auswechselkosten lediglich in Löhnen, die sehr verschwindend sind, da die Rahmen von den Maurern abgenommen werden können, und die für das einzelne Auswechselstück nöthige Zeit nur wenige Minuten dauert.

Bei den Holzbaumethoden müssen die Maurer oft lange Zeit (häufig Tage), warten ehe die Bergleute mit dem mühsamen Auswechseln fertig sind. Diese Wartezeit wird von ersteren nie entsprechend ausgefüllt, da sie es sich einzurichten wissen, dass sie erst gegen Ende ihrer Arbeitszeit an die Hinderung kommen. Es entsteht also hierdurch eine versteckte Zögerung, welche zu der offenen hinzutritt, und muss dieser Zeitverlust bei den Holzbaumethoden auf die Kosten der Mauerung geschlagen werden. Die neue

Methode annullirt diese Kosten und Zeitverluste völlig, und gestalten sich bei ihr die gesammten Auswechselkosten pro laufende Ruthe auf wenige Thaler.

Ein »Abtreiben« wird bei der neuen Methode (ausgenommen beim Durchbrechen zu schwach genommener Pfähle) nie nöthig, da der »Tunnelrahmen« starr, unpressbar und nicht verschiebbar ist.

Was nun sub 4) die Kosten der Lehrgerüstung belangt, so ist zuvörderst die Bemerkung zu machen, dass hölzerne Lehrbogen in Druckfällen vermöge ihrer Compressibilität und Verschiebbarkeit, dann vermöge ihrer geringeren Tragkraft dichter gestellt werden müssen, als feste, starre, genügend starke eiserne; so wie, dass hölzerne Lehrbogen fortgesetzter Reparatur bedürfen.

Wir haben ferner gesehen, dass das Lehrgerüste, d. h. der Lehrbogen und sein Untergestell, das Gespärre ersetzen muss und die Mauerung vor ihrer Verdrückung bis zu jenem Zeitpunkte zu bewahren hat, wo die Einfügung des Schlusssteines, sei dieser in der Firste oder in der Sohle, die Selbstständigkeit des Gewölbes hervorruft. Daraus folgert sich, dass das »Bockgestelle« oder »Lehrgerüste« sehr standfähig sein muss. Da es aber aus Holz besteht und aus Theilen, die, wenn auch wenig, so doch untereinander verschiebbar sind: so erhellt, dass ein Lehrgerüste häufig den obigen Zweck nicht einmal erfüllen wird. Wie ganz anders ist es bei der neuen Methode. Der Lehrbogen des Tunnelrahmens, von Anfange gleich so stark und so construirt, dass er das Gewölbe ersetzt, bietet sofort dem Gewölbe in jedem beliebigen Theile das Auflager und macht jede Verspreizung und jede Verdrückung unmöglich. Es lässt sich daher wohl sagen, dass in dieser Eigenschaft der neuen Methode von Jedem, welcher sich mit Tunnelbauten in arg drückendem Gebirge beschäftigt hat, ein ausserordentlicher Vortheil und eine Bewahrung vor riesigen und höchst kostspieligen Arbeiten erblickt werden dürfte.

Rechnet man nun in Bezug auf den Kostenpunkt des in Rede stehenden Titels bei der neuen Methode gegenüber jeder alten zusammen, so wird sich das Resultat ergeben: dass selbst dann, wenn man die eisernen Bögen nur für einen Tunnel beschafft, auch die Ausmauerung bedeutend billiger kommt. Die Nichtabnutzung des Materials, die Beschaffung weniger Bogen, die wesentliche Vereinfachung und der Ausfall höchst kostspieliger Arbeiten sind die Gründe dieses Resultates.

Was nun die

Titel VII. und VIII.

betrifft, so muss die wesentliche Vereinfachung des Baues, der grosse freie Raum, die sofortige Herstellung der Sohle, die Fernhaltung faulender Hölzer, dann die Uebersehung aller Arbeiten von Seiten der Officianten eine sehr wesentliche Kostenersparung ebenfalls im Geleite haben.

Resumiren wir, so bietet die neue Methode eine ausserordentliche Ersparung an Kosten; es wird diese Ersparung desto grösser sein, je öfter die gefertigten Tunnelrahmen zu verschiedenen Tunnelbauten verwendet werden können (also bei Staatsbauten und Bauten grosser Gesellschaften). Ferner wird das Verhältniss der billigeren Her-

stellung wachsen mit der Druckfähigkeit des Gebirges — während es bei den bisherigen Methoden damit fiel.

Diese Ersparungen sind erzeugt: durch Vereinfachung; Wegfall von Hinderungen; Ausfall von früher unvermeidlichen sehr kostspieligen Arbeiten; und namentlich durch die Anwendung von Eisen, welches in relativem Sinne nicht vernichtbar ist und gegenüber der Beschränkung auf Holz in ausserordentlich grossem Vortheile sich befindet.

Eine Tunnel-Baumethode, welche überhaupt statt Holz, Eisen anwendet, musste schon im Allgemeinen vorzuziehen sein; es darf also die dargestellte um so mehr Anspruch hierauf haben, als diese neue Methode ganz wesentliche Abkürzungen des früheren Verfahrens bezweckt. Um in Bezug auf Materialersparung durch die Anwendung von Eisen weitere und allgemeinere Anhaltspunkte zu bieten, sei hier die nachstehende Tabelle vorgeführt.

Uebersicht des Holzverbrauches zur Zimmerung (Titel II) bei verschiedenen Tunnelbauten.

Nr.	Tunnel	Gebirgsbeschaffenheit	Auf 1000 Cubikfuss ausgehöhlten Raum entfällt Bölungsmasse in Cubikfuss.	Für die Bölung an- zunehmende Gebirgs- classe.
1	Kerschbach österreichische Südbahn . . .	gebräch	110,2	gebräch
2	Bilowitz Nr. II. Prag-Wien	„	120,6	
3	Schwarzkopf am Spessart	„	130,0	
4	Tunnel Nr. V. am Karst	„	130,2	
5	Partie aus dem Stortler Tunnel, Westfalen	„	140,0	
6	Muslau, Prag-Wien	„	140,2	
7	Weinzettelfeld, Semmering	„	140,2	
8	Welschenennester Bruchgewältigung, Westfalen.	fest	150,4	
9	Gamperl, Semmering	gebräch	160,0	
10	Klamm, Semmering	gebräch und mild	200,7	
11	Tunnel Nr. IV. am Karst	gebräch	210,5	mild
12	Wolfsberg am Semmering.	„	210,6	
13	Triester Tunnel, Wien-Triest	„	210,8	
14	Königsdorf, Köln-Aachen.	gebräch, mild und rollig	220,2	
15	Tunnel Nr. III. am Karst.	gebräch	240,6	
16	Novihrat, Prag-Wien.	mild und gebräch	250,5	
17	Partie aus dem Čžernitzer Tunnel, Schlesien	mild	250,8	
18	Partie aus dem Friedrichsstollen, Schlesien	„	250,8	
19	Weberkogel am Semmering	mild und gebräch	260,2	
20	Triebitz, Prag-Ollmütz	mild, rollig u. schwimmend	340,2	rollig
21	Čžernitz, Ratibor-Nicolai	„	350,5	
22	Bruch im Čžernitzer Tunnel	hohler Raum	370,8	
23	Bruchpartie im Welschenennester Tunnel	rollige Berge	380,2	
24	Partie aus dem Čžernitzer Tunnel	schwimmend	480,3	
25	Partie aus dem Friedrichsstollen (höchst bekannter Fall)	„	560,8	
				schwimmend

Diese Tabelle wird schon einen annähernden Anhalt geben können, wie wichtig die Anwendung des Eisens und wie gross die damit erzielte Ersparniss ist. Dieselbe für bestimmte Gebirgsannahmen nachzuweisen, würde die Herbeiziehung gegenüberstehender und ganz specieller Kostenanschläge beanspruchen. Dass ich diese von mir vorgenommenen Parallelrechnungen in dieser Schrift weglasse, dazu bestimmt mich vor Allem der grosse Raum, welchen derlei Specialanschläge einnehmen müssten, so wie der Umstand, dass es den Fachleuten ein Leichtes sein wird, dieselben Rechnungen auszuführen. Hier ist nur zu bemerken, wie ich jederzeit den Beweis liefern kann, dass die Ersparung eine auffallend beträchtliche ist.

Zu Vergleichsanschlägen für Tunnelbauten mit Sohlengewölbe, ausgeführt mit Holzbau, diene die nachfolgende Tabelle.

Kosten einer laufenden Ruthe zweigleisiger Tunnel mit Sohlengewölbe.

(Preuss. Maass und Geld.)

1	Weberkogel Tunnel . . .	4593 Thaler
2	Tunnel Nr. IV. am Karst	5512 "
3	Tunnel Nr. III. am Karst	5112 "
4	Tunnel Nr. V. am Karst	4449 "
5	Wolfsberg	4807 "
6	Klamm	3733 "
7	Gamperl	3584 "
8	Semmering - Haupttunnel	5499 "
9	Saltwood	3687 "
10	Kilsby	3431 "
11	Triebitz	4867 "
12	Czernitz*)	3568 "

*) hat 133,5 Ruthen eigentlichen Tunnel und 56,5 Ruthen überwölbte Einschnitte, welche mit im Durchschnittspreise liegen. Der eigentliche Tunnel ist weit theurer.

C. Sicherheit.

Eine neue Tunnel-Baumethode, welche während der Ausführung ohne die nöthige Sicherheit da stände, würde stets als ein Phantom bezeichnet werden müssen, und sollte es auch glänzen durch die grösstmögliche Kostenersparniss. Im Bergbaufache steht bei allen Ausführungen die Sicherung des Arbeiters oben an, und ist daher dies Erforderniss auch bei der neu aufgestellten Methode zu prüfen.

Wir können uns da sogleich des Satzes bemächtigen: dass Eisen sicherer sein muss als Holz. Ersteres kann man nach Belieben verstärken, letzteres besitzt gerade darin im engen Raume eines Tunnels seine praktischen Grenzen.

Nur vor einer ersten Anwendung der neuen Methode konnte die Benutzung des Eisens in Folge der Ungewohntheit und Angesichts der bekannten Druck-Erscheinungen eines unterfahrenen Berges den reinen Empiriker in gewissem Sinne befremden, und hatte er, allerdings immer von seinem Standpunkte aus, eine gewisse Berechtigung,

unter dem Eisen sich unbehaglich zu fühlen, da dieses Material keine Ausbiegungen gestattet und also keine Zeichen eines vorhandenen Druckes abgibt. Holz hingegen weicht grossem Drucke, es biegt sich aus, spaltet und bricht, oder wie der Bergmann sagt, es »spricht«. Dieses Sprechen verräth die Grösse und Oertlichkeit des Druckes und gewährt Anhalt für die nöthigen Vorkehrungen — während Eisen »stumm« und kalt bleibt.

Auch dieses Gefühl der Unsicherheit, lediglich entsprungen aus Macht der Gewohnheit, ist nicht geeignet, der neuen Methode überhaupt Unsicherheit beizumessen.

Da eine Erprobung der neuen Methode bereits stattgefunden hat, so ist auch hinsichtlich der Benutzung des Eisens ein Zweifel nicht mehr berechtigt und es wird bezüglich der Sicherheit nur noch eine Betrachtung der Vorgangsweise erübrigen.

In dieser Hinsicht sind von der neuen Methode alle Bergbauregeln gewahrt; ja es führt diese Methode den bislang häufig complicirt gewesenen Tunnelbau auf den gewöhnlichen Stollenbau zurück. Die Getriebe erfolgen nach der Längsachse des Baues, die Brust findet zahlreiche, nicht im Mindesten hemmende Abstützungen, und die Sohle ist durch das zuerst aufgeführte Sohlengewölbe auf die nur denkbar beste Weise gesichert.

Die Einfachheit des Vorganges, der Wegfall vieler Arbeiten, die Freiheit des Raumes, die Möglichkeit einer umfassenderen Beleuchtung (zu der jetzt auch Gas zulässig ist), dies Alles sind Factoren, welche die Sicherheit bedeutend erhöhen müssen.

Die alten Tunnel-Baumethoden haben, da sie sich auf Holz beschränken, in Folge dessen, dass die Holztheile der definitiven Zimmerung successive in kleinen, vorerst »verloren« oder provisorisch ausgezimmerten Räumen aufgestellt werden müssen, ehe schliesslich die Gespärre erwachsen, den Nachtheil, dass sich für jeden dieser Aufschlussräume eine gewisse Setzung oder Verschiebung bildet. Hierdurch erwächst, namentlich in ungeübten Händen, die Erscheinung, dass die Gespärre, sobald sie vollendet dastehen, mehr oder minder verschoben sind. Wenn aber auch die höchste Sorgfalt angewendet wird, so bleibt eine gewisse Lebendigkeit in den Gezimmern bei druckhaftem Gebirge nicht gänzlich aus. Das Setzen der einzelweise eingebauten Theile, dann die Drehpunkte in den Gespärren verursachen Spielraum und Aufruhr des unterfahrenen Berges.

Aus der Grösse des entstandenen Aufruhrs lässt sich stets auf die Fehlerhaftigkeit der Baumethode ein Rückschluss ziehen und ist durch Sorglosigkeit in der Ausführung nicht selten ein Tunnelbau weit schwieriger gemacht worden, als ihm eigentlich von Natur her Berechtigung zustand.

Nimmt man zu den vorerwähnten Herabdrückungen des Gebirges noch die Gebrechlichkeit des Holzes, so ist es als unzweifelhaft anzusehen, dass man mit Holzbaumethoden nie ohne Niedergehen der Firste arbeiten könne. Vielmehr muss die Geschicklichkeit des Bauleiters nur dahin wirken, eben die Minimalbewegung zu beherrschen.

Die neue Methode hingegen ändert dies Alles. Die Starrheit des Eisens, der Ausschluss jeder Zusammenpressung sind Ursache, dass das Gebirge sich gar nicht setzen kann. Es bietet hierdurch die neue Methode einen ganz ausserordentlichen

Vorteil nicht nur hinsichtlich des Kostenpunktes, sondern auch der Sicherheit, da man jetzt füglich behaupten kann, dass die schädliche Bewegung im Inneren eines Berges als überwunden zu betrachten ist. Wie weitgreifend aber Gebirgs-Aufruhr sich äussern kann, darüber wollen wir weitere Betrachtungen nicht anstellen, denn es ist bekannt, dass dies wuchtige Drängen nicht nur den Schrecken der Laien, sondern häufig genug auch den der Fachleute bildet.

In Früherem wurde wiederholt Nachdruck auf den Umstand gelegt, dass bei den Holzbaumethoden das Lehrgerüste in jener Zeit der Träger der Gebirgs- und Mauerwerkslast wird, wo die Gezimmer entfernt werden, und dass dies Lehrgerüste mächtig genug sein muss, um die künstliche Gewölbsspannung vor Eintritt des Schlusssteines aufrecht zu halten.

Was das erstere anbelangt, so muss gerade bei den Holzbaumethoden die grösste nur mögliche Achtsamkeit und Geschicklichkeit angewendet werden, um Einstürze zu verhüten. Die sorglose Entfernung eines maassgebenden Holzes, das tiefe Einhauen mit der Axt in zu stark gespannte Hölzer, das Bestreben, den Maurern mehr Platz zu machen, als der Zustand der Zimmerung es erlaubt, dies sind Umstände, von denen man nicht sagen kann, dass sie zur Sicherheit beitragen. Bei der neuen Methode hingegen ist der Vorgang der Auswechslung durch die Wechselrahmen so einfach und sicher, dass ihn jetzt die Maurer vornehmen können, während diesen früher jede Auswechslung, wozu sie häufig die Unbequemlichkeit ihrer Maurerarbeit reizte, geradezu streng verboten werden musste.

Was die Stabilität hölzerner Lehrgerüste anbelangt, so ist deren Erreichung im Allgemeinen nicht zu leugnen. Es giebt indess Fälle, wo man im Tunnelbaue recht fühlbar daran erinnert wird, dass man es nur mit Holz zu thun habe, und wo Verdrückungen des Mauerwerkes vor dessen Schlusse nicht zur Seltenheit gehören; denn die hölzernen Lehrbogen können vermöge der Beschränktheit beim Einbaue nicht aus durchgreifenden Theilen bestehen, sondern sie sind zu einer Construction bemüssigt, welche aus einzelnen pressbaren Holzstücken zusammengesetzt ist, daher Drehpunkte und Verschiebbarkeit aufweist. Namentlich machen jene Fälle, wo es stark auf die Widerlager drückt, viel zu schaffen.

Wie ganz sicher ist aber gerade in diesem Bezuge die neue Methode. Ihr Fundament, vom Beginne gleich errichtet, ist ein standfester, constructiver Lehrbogen, und dieser lässt keinerlei Verdrückung im Mauerwerke zu.

Betrachten wir die Geschichte der Einstürze oder »Brüche« bei Tunnelbauten, so lässt sich, abstrahirt von fehlerhaften Baumethoden, hervorheben, dass diese Verunglückungen ihre Ursache haben:

- a) zumeist in Unvorsichtigkeit beim Auswechseln;
- b) in unzulänglicher Lehrgerüstung (Lehrbogen und dessen Unterbau);
- c) in zu grosser aufgeschlossener Länge;
- d) in fehlerhaft ausgeführter Zimmerung.

Werden diese vier Verschiedenheiten mit ihren Variationen bei der neuen Methode in Erwägung gezogen, so ist diese Baumethode hinsichtlich der Sicherheit in ganz entschiedenem Vortheile.

Die gefährliche Auswechslung ist bei ihr weggefallen; der Lehrbogen hat die grösstmögliche Tragfähigkeit, denn er ersetzt im vorhinein das Gewölbe; die Unterminirung des Berges in grossen Längen ist bei der neuen Methode nicht nöthig und selbst im vorgenommenen Falle nicht gefährlich, da der eiserne Bogen, wie eben erwähnt, die Festigkeit des Gewölbes besitzt, auch bei der Firstenbaumethode die Festigkeit des Eisens ein Setzen, einen Aufruhr nicht zulässt; was endlich die Zimmerung anbelangt, so hat diese aufgehört, also mit ihr auch jede frühere Gebrechlichkeit.

Auf diese Erörterungen gestützt, lässt sich also von der neuen Methode, wie es bei Einfachheit und Kostenersparniss der Fall ist, auch betreffs der Sicherheit sagen, dass sie jede frühere Baumethode übertreffe.

Ja noch mehr: die neue Methode bewegt sich in so strengen Grenzen, dass eine andere Ausführung, als sie dieselbe chablonmässig vorschreibt, nicht gut thunlich ist; sie verhindert von vorne herein alle jene Verdrückungen, Bewegungen, Verschiebungen und Beschwernisse, welche durch die Unachtsamkeit eines »Tunnelbauers« zu einem hohen Maasse gesteigert werden können, und diesem dennoch Gelegenheit geben, seine Fehler, gegenüber dem weniger geübten Fachmanne, in die Geheimnisse vereinzelter Erfahrungen zu hüllen.

VII.

Folgerungen.

Nach Vorführung und Beleuchtung der neuen Methode sind noch einige Folgerungen von Wichtigkeit, da sich muthmaassen lässt, dass sie auf das Eisenbahnwesen Einfluss nehmen dürften.

a. Die aussergewöhnliche Verbilligung der Tunnelbauten, gepaart mit der höchst zweckmässigen Verwendung alter abgenützter Bahnschienen; so wie die stete Wiederbenützung einmal gefertigter Tunnelrahmen (Tunnel-Apparate) lassen die Hoffnung keimen, dass man vor den Längen der Tunnelbauten nicht wie in dem bisherigen Maasse zurückweichen wird. Hierdurch sind andere Tracirungsverhältnisse hervorgerufen, und erleidet in gewissem Maassstabe der Bau von Gebirgsbahnen Erleichterung, also die Möglichkeit einer grösseren Ausdehnung.

b. Die neue Methode gestattet vermöge ihrer grösseren Räumlichkeit und der scheibenartigen Abgrabungen die Anwendung besserer als bisheriger Beleuchtung und schliesst Gas nicht aus. Sie bietet namentlich durch den so eben erwähnten Vorgang scheibenförmiger Lösung der Gebirgsmassen Gelegenheit zur besseren Entfaltung von Steinbohrmaschinen. Beide bis jetzt noch nicht ausgebeutete Erleichterungen müssen in Zukunft noch grössere Billigkeit erzielen.

c. Bislang an Holzbaumethoden gebunden, hat man die füglichsten Bedenken tragen müssen, dicht unter Fundamenten darüberliegender Gebäude wegzugehen. Der einzelweise Einbau der Bölzungsgehölze, das Auswechseln während der Mauerung, dann die Pressbarkeit des Holzes selbst sind die schon näher beleuchteten Eigenschaften, welche jeder Holzbaumethode anhaften, und welche ein Niedersetzen unterfahrener druckfähiger Firsten im Gefolge haben. Steht also nicht allzu hoch über dem Tunnel ein Gebäude, so muss für dessen Existenz oder wenigstens für dessen Fundirung unter Umständen gefürchtet werden. So viel mir momentan erinnerlich ist, wurden drei in nachgiebigem Gebirge liegende Tunnel nicht weit entfernt unter Fundamenten übertägiger Gebäude weggeführt, der Rosensteiner in Württemberg, der Heidelberger, und der Tunnel nächst der Acton-Street im Zuge der unterirdischen Bahn zu London. Alle drei wurden nach verschiedenen Holzbausystemen hergestellt, aber es

litten trotz der angewandten Vorsicht die Fundamente der Häuser. Beim Londoner Tunnel waren sogar die Gebäude in einem höchst devastirten Zustande, und mochte dazu wohl am hervorragendsten die dortige Gebirgsbeschaffenheit, der »London-Thon«, beigetragen haben. In einem Berichte über die Londoner unterirdische Eisenbahn *) habe ich, gestützt auf die bei Holzbaumethoden mehr oder minder starke, aber immer unvermeidliche Setzung des darüber liegenden (druckfähigen) Gebirges, mir das Urtheil erlaubt, dass die ganze unterirdische Bahn, welche meist in überwölbten Einschnitten besteht, als eigentlicher Tunnel, d. h. unterirdisch bergmännisch mit Holzbaumethode nicht hätte erbaut werden können, ohne die darüberstehenden Häuser zu demoliren. Man muss hiernach bei Benutzung einer Holzbaumethode entweder Linien wählen, welche seitwärts von Gebäuden sich dahinziehen — oder in nachgiebigem Gebirge die darüberstehenden Häuser preis geben. Dies ist allerdings eine grosse Beschränkung.

Die neue Methode führt aber die dem Bedürfnisse unserer Zeit gerecht werdende Frage unterirdischer Städtebahnen in ein neues Stadium.

Die Starrheit des Eisens und der Vorgang der neuen Methode lässt keinerlei Setzung der Firste zu, führt sie wenigstens auf ein Minimum nicht maassgebender Grösse herab und gestattet dadurch, die Trasse ohne Rücksicht auf die darüberliegenden Häusermassen zu wählen.

Dass die neue Methode in dieser Anwendung hoheersprießlichkeit gewährt, dürfte hiernach ausser Zweifel gestellt sein und Veranlassung bieten, dass man der Frage unterirdischer Städtebahnen überhaupt, ohne die bisherige, nothgedrungen gewesene Scheu, ausgedehntere Aufmerksamkeit zuwenden kann.

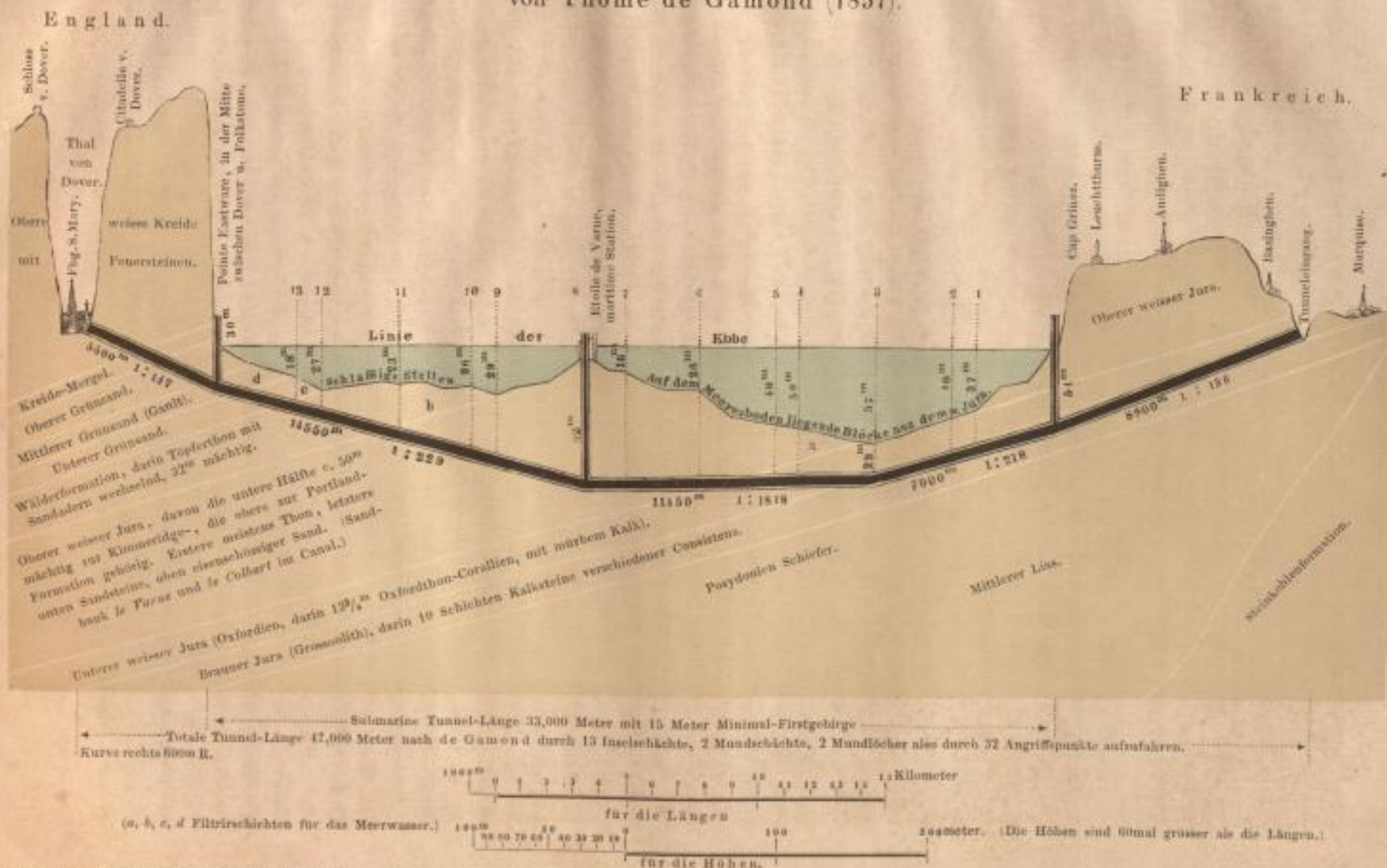
d. Eben dieselbe Eigenschaft der Holzbaumethoden, die Niederdrückung nachgiebigen Gebirges, hat es nicht zugeben können, mit Holzausbau einen Tunnel unter ausgedehnten Wassermassen hinwegzuführen. Die Senkung hat Risse und Eindringung des darüberstehenden Wassers zur Folge, und gebot es die Sicherheit, derlei Bauten bisher auszuweichen. Hingegen gestattet die neue Methode in Folge ihrer Starrheit, und in Folge ihres rationellen Vortriebes (in solchem Falle mit einigen Detail-Modificationen und eisernen Pfählen) der Frage »von Tunnelbauten unter Wassermassen« nähere Erwägung zu schenken, da mit der neuen Methode der Kühnheit derlei Bauwerke ein Stachel abgebrochen ist.

Nehmen wir die Schwierigkeiten in Augenschein, welche häufig genug durch Brückenbauten in Städten, vermöge der Hemmung der Flusscommunication, erwachsen, und vergessen wir nicht der hohen Kosten, welche derartige Brücken bisweilen beanspruchen, so lassen sich wohl Fälle denken, in welchen ein Tunnel unter dem Wasser hinweg vorzuziehen sein würde. Die neue Methode berechtigt wenigstens die Vergleichung, ob Tunnel oder ob Brücke vortheilhafter sei, da sie die technische Möglichkeit überhaupt von jetzt ab gewährleistet, ohne den Kostenpunkt auf unüberwindliche Höhe zu steigern.

Verfolgen wir indess den Aufschwung unseres Eisenbahnwesens und erlauben wir

*) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1863, Heft 2.

Geologischer Durchschnitt der Meerenge von Calais zu dem Projecte des submarinen Tunnels.
von Thomè de Gamond (1857).



(Die punktierten senkrechten Linien 1—13 sind die von de Gamond projectirten Schächte, welche durch Inseln abgeteuft werden sollen, die zuvor ins Meer geschüttet sind. Die Bauzeit des submarinen Tunnels set zu 6 Jahren; die Kosten sind zu 170 Millionen Franken von de Gamond veranschlagt.)

uns hiernach einen Schluss auf die Zukunft, so kann nicht geleugnet werden, dass in nicht allzu grosser Ferne diejenigen Hindernisse von der vorschreitenden Civilisation weggeräumt werden müssen, welche die Natur zwischen die Völker legte. Ich meine die Alpen, die Land- und Meerengen.

Bereits ist das Bedürfniss dieser Communication so hoch gestiegen, dass man schon jetzt an der Durchbohrung des Mont Cenis und an der Oeffnung der Landenge von Suez arbeitet und an die Durchgrabung der Landenge von Panama in entschiedener Weise denkt.

Was die Meerengen anbelangt, so sind dort, wo die Frage einer Ueberbrückung zur Geltung kommen konnte, z. B. an der Strasse von Messina, die weitgehendsten Vorarbeiten bereits gemacht worden. Jene Passagen, wo sich Brückenbauten oder Dammschüttungen ausschlossen, wo also lediglich noch Tunnelcommunicationen übrigblieben, hat man im Allgemeinen mit so verschiedenartigen Entwürfen bedacht, dass der Geist des strengen Technikers sich abzuwenden geneigt war. Es tritt indess die Frage zu mächtig heran, und muss ein Blick auf die Karte von Europa die Ueberzeugung wachrufen, dass es von der ungemeinsten Wichtigkeit wäre, die Meerenge von Gibraltar, den Bosporus, Sund und Canal la Manche mit Schienensträngen passiren zu können. Für die Durchschreitung der Meerenge von Calais sind die meisten Entwürfe gemacht worden, und da sich Brückenprojecte ausschliessen, so sind als die wesentlichsten die Ideen Mr. Chalmer's und de Gamond's zu nennen. Ersterer will die Durchschreitung in versenkten eisernen Röhren, letzterer in einem unterseeischen Tunnel bewerkstelligen. Bei ruhiger Ueberlegung muss man dem letzten Mittel den Vorzug einräumen. Nur hat Thome de Gamond *) sich mehr mit den allgemeinen Fragen, mit der Disposition der Angriffspunkte, mit der Rentabilität, Wichtigkeit der Ausführung etc. beschäftigt, aber die Hauptsache, wie der Tunnel zu bauen sei, nur als einen Nebenumstand behandelt. Er hat den Gordischen Knoten nicht durchgehauen und im Vereine mit der Idee der Inselbildung behufs Abteufung von Schächten die allgemeine Ueberzeugung nicht gewonnen.

Die Schüttung künstlicher haltbarer Inseln in dem wogenden Canale, die Abteufung von Schächten in diesen Inseln, die Etablirung von Angriffspunkten aus diesen Schächten; ferner die Versperrung der Meerenge durch dreizehn Inseln; hauptsächlich aber die Schlussziehung de Gamond's, diesen Canaltunnel mit festländischen in eine Linie zu stellen und das System bisheriger schwieriger Landtunnel für ausreichend zu halten, auch zu sagen, die Methode der Durchgrabung werde sich schon finden, dies Alles sind Dinge, von denen man nicht behaupten kann, dass sie die Ausführung dieses gefährlichen, riesigen Baues statthaft machen.

Wirft man (Fig. 33) einen Blick auf die geologischen Verhältnisse der Meerenge, welche uns durch die verdienstvollen Untersuchungen de Gamond's wenigstens annähernd bekannt geworden sind, so sehen wir Gebirgsformationen benannt, welche höchst druckäussernd, fast durchgehends weich, öfters sogar schwimmend sind und stets ein Sohlengewölbe erheischen werden. Nimmt man nun die durch die Einfahrten zum

*) Etude pour l'avant project d'un «Tunnel sous-marin» entre l'Angleterre et la France, Paris 1857.

Canaltunnel bedingten Firsthöhen bis zum Wasser in Betracht und vergisst man des Wasserdruckes nicht, so kann man ohne Uebereilung sagen, dass mit compressibeln Holzbausystemen die Ausführung des Canaltunnels **nicht** gelingen könne.

Die Anwendung von unbeugsamem Eisen würde bei dieser Ausführung absolut nothwendig sein und bietet die neue Methode die nöthigen Garantien, wenn man in der Abarbeitung des Bruststosses eine geringfügige Modification eintreten lässt. Es müssten dann die Bühnenträger als selbstständige Firstträger auftreten können, genügend tragfähig und durch senkrecht stehende Stützen verstärkt sein. Der Bruststoss wird dadurch in mehrere Abtheilungen getrennt, die wie nebeneinander liegende Stollenörter behandelt werden können und ähnlich wie die Zellen oder Kammern des Themsetunnels den Abbau des »Ortes« in kleineren Räumen (halber der Vorsicht gegen Wasseradern) mittelst der Getriebevorgänge gestatten. Pfähle müssten von Eisen sein und starre Führungen haben. Benutzung von Bahnschienen würde auszuschliessen sein.

Die Wesenheit des Systemes bliebe dieselbe.

e. Eine letzte Folgerung aus dem Auftreten der neuen Tunnel-Baumethode führt auf national-ökonomisches Gebiet. Es hebt nämlich die neue Methode die Eisenindustrie und schont die Waldungen. Der Verbrauch an Tunnelbauholz ist ein ganz ausserordentlicher.

Nimmt man die in Europa jährlich zuwachsende Länge an Eisenbahnen*) mit 280 deutschen Meilen an, und schätzt man, da jetzt meist Gebirgsbahnen zur Ausführung gelangen, die unterirdisch zu führende Länge mit 4 Procent, so entstehen in Europa alljährlich 268800 laufende Fusse Tunnel. Pro Fuss im Durchschnitte der verschiedenen Terrains nur 60 Cubikfuss Holz in rundem Zustande gerechnet, müssen also alljährlich 16128000 Cubikfuss geeignetes Stammholz gefällt werden. Um diese Masse zu erzeugen, hat man bei regelrechter Forstwirthschaft nöthig, eine Fläche von 322560 pr. Morgen zu bauen. Es beanspruchen demnach die Tunnelbauten die Benutzung

des 224. Theiles der Waldungen Oesterreichs, oder
des 95. Theiles der Waldungen Frankreichs, oder
des 66. Theiles der Waldungen Preussens**).

*) Nach Weber, Schule des Eisenbahnwesens, Leipzig 1862.

**) Nach Kolb, Handbuch vergleichender Statistik, Leipzig 1862.

VIII.

Rückblick.

Halten wir Rückschau auf die vorgeführte neue Tunnel-Baumethode, so dürfte es gestattet sein, von ihr zu sagen, dass sie in allen ihren einzelnen Theilen und in ihrer Gesammtheit den Regeln der Bergbaukunst gerecht wird; dass sie hinsichtlich Einfachheit, Kostenersparniss und Sicherheit alle Holzbaumethoden überragt; die Complicirtheit des Themsetunnel-Systems umgeht; die Tunnelbaukunst vorwärts zu bringen geeignet ist und in diesem wichtigen Fache der Ingenieurwissenschaften das bislang vermisste, jedoch dringend herbeigewünschte Eisen einführt. Durch die Emancipation vom Holze erreicht die Tunnelbaukunst jene Stufe, welche von vielen anderen Bauconstructions schon längst betreten worden ist, und befindet sie sich, auf dieser Höhe angelangt, an einem Wendepunkte ihrer Geschichte.

Die neue Methode geniesst zum Weiteren des grossen Vortheiles, bereits Anwendung gefunden und sich bewährt zu haben, also aus dem Stadium eines Projectes herausgetreten zu sein. Der Ort ihrer ersten Anwendung ist der Naenser Tunnel auf der Herzoglich Braunschweigischen Holzmindener Bahn, ein Bau, welcher durch höchst druckhaftes, äusserst wasserreiches, weiches Gebirge (Keupermergel) führt und sofort die beste Gelegenheit bot, die Methode unter sehr ungünstigen Verhältnissen zu erproben.

Diese Ausführung ist bereits so weit vorgeschritten, dass sich schon jetzt die im Früheren entwickelten Ansichten erhärten lassen. Auch ist durch sie die Bestätigung geworden, dass die Einarbeitung der Bergleute ein Leichtes und die Aversion derselben gegen »Neues«, gegen ungewohntes Material nicht anhaltend ist. Die bergmännischen Arbeiten gehen so rasch vor, dass die Maurer, obgleich bei Tag und Nacht arbeitend, kaum nachzufolgen vermögen, und geschieht die Aufstellung der Tunnelrahmen, so wie die Ausrüstung der Lehrbogen in leichter Weise, als anfänglich erwartet wurde.

Es mag hiernach nicht übereilt und unbescheiden klingen, wenn der vorgeführten Bauart Lebensfähigkeit zugesprochen wird.

Somit am Schlusse dieser kurzen Abhandlung angelangt, sei es mir noch gestattet, die neue Methode zu geleiten mit dem altgetreuen Bergmannsgrusse:

Glück auf!

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



KODAK GRAY SCALE



KODAK COLOR CONTROL PATCHES



These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.